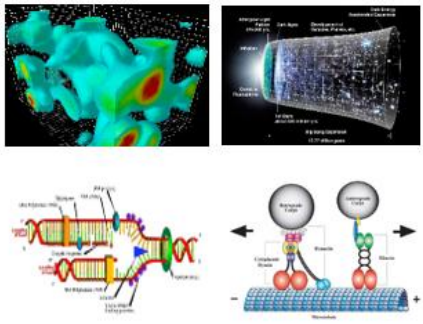
التكوين الإلهي

استكشاف الخلق من خلال علم الفلك و علم الأحياء y



دونغشان كيم، دكتوراه

أود أن أعبر عن امتناني العميق للروح القدس لإلهامي وإرشادي خلال كتابة هذا الكتاب!

المحتويات

مقدمة 6

1. خلق الكون 8

a. البنية الهرمية للكون 8

i. النظام الشمسي 8

ب. النظام النجمي 9

iii. مجرتنا (درب التبانة) 10

iv. المجرات ومجموعات المجرات والعناقيد المجرية والعناقيد الفائقة 11

b. خلق الكون 13

i. خلق الكون في علم الفلك 13

بـ مصير الكون (الانفجار العظيم مرة أخرى؟) 15

iii. خلق الكون في الكتاب المقدس 19

c. أيهما خُلقت أولاً، الأرض أم الشمس؟ 21

d. هل عمر الأرض 6,000 سنة؟ 24

i. الأيام في سفر التكوين 27

بـ خالق الزمن 29

e. الكون المضبوط بدقة 31

2. تحفة الله، الأرض 36

a. المسافة الصحيحة من الشمس 36

b. الميل المحوري الأيمن 37

c. الدوران الصحيح والفترات المدارية الصحيحة 39

d. الحجم المناسب 40

e. وجود الغلاف المغناطيسي..... 42
f. وجود قمر كبير بشكل استثنائي..... 43
g. وجود كوكب المشتري، حارس الأرض..... 45
h. وجود الصفائح التكتونية..... 47
i. الحجم الصحيح للشمس..... 50
j. المسافة الصحيحة من مركز المجرة..... 53
3. الخلق أم التطور؟..... 57
a. أصل الحياة..... 57
i. تكوين الأحماض الأمينية..... 58
ب. تكوين الحمض النووي الريبي..... 60
iii. تكوين البروتينات..... 65
iv. تكوين الحمض النووي..... 67
v. تكوين الخلايا..... 70
vi. تكوين الخلايا حقيقية النواة..... 72
سابعاً. توطين العضيّات..... 74
ثامناً تمايز الخلايا..... 79
تاسعًا تكوين الأنسجة والأعضاء..... 82
x. تكوين كائن حي متعدد الخلايا..... 84
b. هل يمكن للتطور أن يفسر أصل الحياة؟..... 85
c. نظرية داروين: نظرية التطور أم نظرية التكيف الوراثي؟..... 89
d. هل تطورنا من القردة؟..... 95
e. التصميم الذكي..... 97

i. التعقيد المحدد 98
ب. التعقيد غير القابل للاختزال. التعقيد غير القابل للاختزال 100
ثالثاً كتب بارزة عن التصميم الذكي 104
f. فيزياء الجسيمات والخلق 105
g. الكائنات الفضائية والخلق 108
h. الغرائز في الكائنات الحية والخلق 113
i. بناء أعشاش نحل الباسون 113
ب. بناء أعشاش طيور الحائك 115
ثالثاً تشكيل صدفة نوتيلوس 116
i. الرياضيات في الطبيعة والخلق 118
4. دعوة إلى الإنجيل 125
شكر وتقدير 129
Image Credit 130
1. The Creation of the Universe 130
References 131
About the Author 134

مقدمة

غالبًا ما يعتبر العلماء الذين يدافعون عن نظرية التطور أن نظرية الخلق تفتقر إلى الدعم التجريبي والدقة العلمية. وهم يؤكدون أنه لا ينبغي إدراج نظرية الخلق في مناهج العلوم، لأنها لا تقدم تفسيرًا مدعومًا علميًا لتنوع الحياة وتعقيدها على الأرض.

من ناحية أخرى، تحتوي نظرية التطور على ثغرات وأسئلة لم تتم الإجابة عنها، خاصة فيما يتعلق بأصل الحياة وتعقيد الأنظمة البيولوجية. فالانتخاب الطبيعي والطفرات غير كافيين لتفسير الهياكل والوظائف المعقدة التي لوحظت في الكائنات الحية. علاوة على ذلك، تنطبق نظرية التطور على الكائنات الحية الموجودة فقط ولا تتناول أصل الحياة. بالإضافة إلى ذلك، فهي تعتمد بشكل كبير على افتراضات وعمليات إعادة بناء تخمينية، مما يشكك في صلاحيتها كتفسير شامل لتنوع الحياة.

تم تأليف هذا الكتاب لاستكشاف الجدل الدائر بين الخلق والتطور من خلال مناقشة خلق الكون، وتفرد الأرض، وأصل الحياة.

في الجزء الأول، سنعرض في الجزء الأول الهيكل الهرمي للكون ونناقش خلق الكون كما كشفت عنه الملاحظات الفلكية. بعد ذلك، سوف ندرس ما إذا كان خلق الكون الموصوف في الكتاب المقدس يتوافق مع النتائج الفلكية، وما إذا كان عمر الأرض 6000 سنة، ونلقي نظرة فاحصة على طبيعة الكون الدقيقة.

يعرض الجزء الثاني عشر حقائق مدهشة عن الأرض، مع التأكيد على ملاءمتها الفريدة لدعم الحياة والإشارة إلى أدلة على التصميم الهادف.

في الجزء الثالث، يتم استكشاف أصل الحياة، متحدياً نظريات التطور التقليدية ومسلطاً الضوء على تعقيد الأنظمة البيولوجية كدليل على الخلق الإلهي. يتم فحص مدى ملاءمة مصطلح "نظرية التطور لداروين"، يليه بحث في ما إذا كان البشر قد تطوروا من القردة. بالإضافة إلى ذلك، يتم تقديم مفهوم التصميم الذكي، ويتم استكشاف نظرية الخلق من خلال مناقشات حول فيزياء الجسيمات، ووجود حياة خارج كوكب الأرض، وغرائز الحيوانات، والرياضيات الموجودة في الطبيعة.

ويختتم الكتاب بدعوة صادقة للإيمان، مشجعًا القراء على التأمل في رحلتهم الروحية والنظر في القوة التحويلية للإيمان. يقدم الكتاب الإنجيل ويوفر إرشادات عملية حول كيفية اعتناق الإيمان، بما في ذلك خطوات لفهم الحياة الأبدية والحصول عليها، ويقدم الأمل والاطمئنان لأولئك الذين يسعون إلى علاقة أعمق مع الله.

آمل أن يوفر لك هذا الكتاب معرفة متجددة بالخلق، ويعمق فهمك للتصميم المعقد والغرض المنسوج في الكون، ويوفر فرصة للتأمل في نعمة الله الخالق الإلهي الذي لا حدود له وحكمته وقدرته التي لا حدود لها، والذي يحفظ كل الأشياء ويدعونا إلى التعجب من صنع يده.

دونغشان كيم (cyberspacedckim@gmail.com)

1. خلق الكون

عندما كنت طفلاً، قد تتذكر الليالي التي قضيتها في التخييم في الريف أو في أعالي الجبال، وأنت تحدق في عدد لا يحصى من النجوم المتلألئة في الفضاء الشاسع في الأعلى، أو تتعجب من الشهب التي تتطاير برشاقة عبر السماء المظلمة. غالبًا ما تملأنا مثل هذه التجارب بالرهبة والتعجب، والتقدير العميق لجمال الكون الهائل وحجمه. في تلك اللحظات، ربما شعرت في تلك اللحظات بارتباط عميق بالكون، مصحوبًا بشعور بالتواضع حول مكانك فيه. ربما ثارت الأسئلة في ذهنك: كم عدد النجوم التي تملأ السماء؟ هل يمكن أن تكون هناك حياة خارج عالمنا؟ كيف بدأ الكون، وكيف يمكن أن ينتهي؟ من خلق كل هذا؟ يثير الجمال الأخاذ والطبيعة الغامضة لسماء الليل الفضول، ويدعو للتفكير في أصول الكون وغايتنا داخله. تترك لحظات الانبهار هذه بصمة دائمة تلهمنا للبحث عن إجابات لأعظم ألغاز الحياة.

سنستكشف في هذا الفصل نشأة الكون من وجهتي النظر الفلكية والكتاب المقدس. سنقدم دعمًا علميًا لسجل الخلق في سفر التكوين من خلال المقارنة بين وجهتي النظر هاتين. بالإضافة إلى ذلك، سوف ندرس أيهما خُلق أولاً، الأرض أم الشمس، وما إذا كان عمر الأرض 6000 سنة، ومفهوم الكون الدقيق.

a. البنية الهرمية للكون

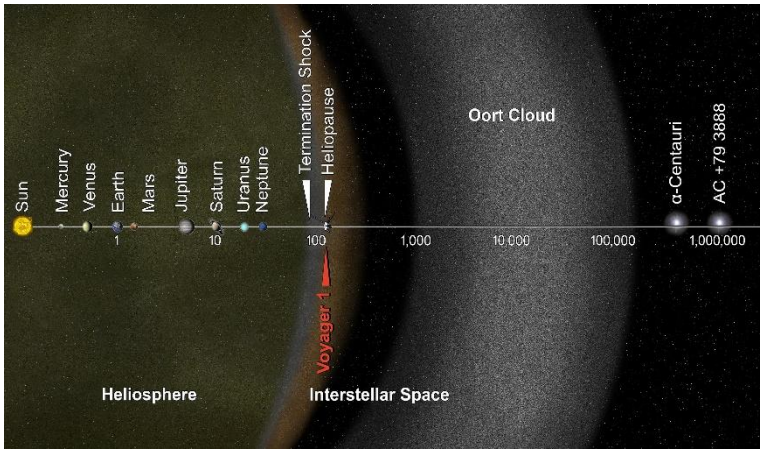
لمناقشة نشأة الكون، دعونا أولاً نستكشف بنيته الهرمية. سنبدأ بنظامنا الشمسي وننتقل إلى المجرة والمجرات الخارجية ومجموعات المجرات والعناقيد المجرية والعناقيد الفائقة والمجمعات العنقودية الفائقة.

i. النظام الشمسي

يتألف النظام الشمسي من نجم يسمى الشمس، وثمانية كواكب تدور حولها، وحزام الكويكبات بين المريخ والمشتري، وحزام كويبر، والعضو الأبعد، سحابة أورت. ويُعرَّف النجم بأنه جرم سماوي مضيء ذاتيًا يعمل بالاندماج النووي، بينما الكوكب هو جرم سماوي يعكس الضوء الصادر من النجم.

الأرض هي الكوكب الثالث من الشمس. وتبلغ المسافة من الأرض إلى القمر 384,000 كيلومتر، وهو ما يستغرق 16 يوماً بالطائرة بسرعة 1000 كيلومتر في الساعة. وتبلغ المسافة من الأرض إلى الشمس حوالي 150 مليون كيلومتر، أو وحدة فلكية واحدة (AU)، وهو ما يستغرق 17 عاماً بالطائرة. وتبلغ المسافة إلى كوكب نبتون 30 وحدة فلكية، وحزام كويبر من 30 إلى 50 وحدة فلكية،

وسحابة أورت من 2000 إلى 200000 وحدة فلكية. وبسرعة الضوء، سيستغرق السفر من الأرض إلى الشمس 8.3 دقائق، و4 ساعات إلى نبتون، و9.5 أشهر (0.79 سنة ضوئية) للوصول إلى الحافة الداخلية لسحابة أورت. وبالطائرة، سيستغرق الأمر حوالي 850,000 سنة.



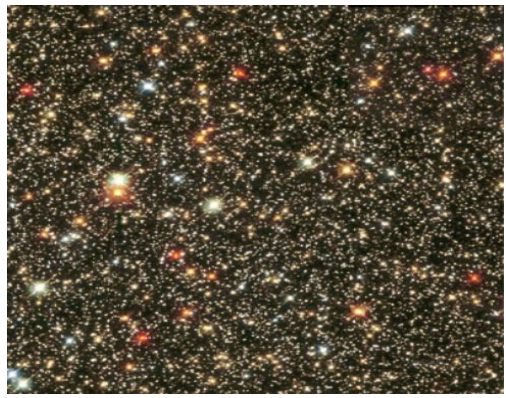
الشكل 1.1. النظام الشمسي بما في ذلك حزام كايبر وسحابة أورت

يمكن تصنيف المذنبات إلى مذنبات قصيرة الأجل ومذنبات طويلة الأجل. حزام كويبر هو مصدر المذنبات قصيرة الأمد، وسحابة أورت هي مصدر المذنبات طويلة الأمد. ونظراً لأصولها، فإن المذنبات لها مدارات بيضاوية الشكل ذات انحرافات مركزية كبيرة. يبلغ حجم الشمس 109 أضعاف حجم الأرض، وتبلغ كتلتها 333,000 ضعف كتلتها، وتبلغ فترة دورانها حوالي 25 يومًا.

ب. النظام النجمي

عند مغادرة سحابة أورت، تدخل عالم النجوم. أقرب نجم إلى الأرض هو نجم بروكسيما سنتوري، الذي يبلغ حجمه 14% من حجم الشمس، و12% من كتلتها، ويبعد حوالي 4.2 سنة ضوئية. يستغرق السفر إلى هناك بالطائرة حوالي 4.6 مليون سنة.

إذا لاحظت عن كثب النجوم المتلألئة في السماء ليلاً، ستلاحظ أن لها ألواناً مختلفة. ويعتمد لون النجم على درجة حرارة سطحه. فالنجوم الأكثر برودة تبدو حمراء، بينما النجوم الأكثر حرارة تكون بيضاء. على سبيل المثال، لون Betelgeuse (α Ori) أحمر، والشمس أصفر، وسيريوس (α CMa)، ألمع نجم في سماء الليل، أبيض مائل إلى الزرقة.



الشكل 1.2. تُظهِر النجوم مجموعة متنوعة من الألوان

وتحدد كتلة النجم معدل اندماجه النووي، والذي بدوره يتحكم في لمعانه وعمره الافتراضي. تستهلك النجوم الأكثر كتلة وقودها بشكل أسرع من النجوم الأقل كتلة. وتنتهي حياة النجوم في صورة أقزام بيضاء أو نجوم نيوترونية أو ثقوب سوداء. فالنجوم التي تقل كتل نواتها عن 1.4 كتلة شمسية تصبح أقزامًا بيضاء، والنجوم التي تتراوح كتل نواتها بين 1.4 و3 كتلة شمسية تصبح نجومًا نيوترونية وتنفجر في صورة مستعر أعظم، والنجوم التي تزيد كتل نواتها عن 3 كتلة شمسية تصبح ثقوبًا سوداء بعد مرورها بمرحلة النجم النيوتروني. ويمكن إعادة تدوير بقايا انفجارات السوبرنوفا لتكوين نجوم جديدة.

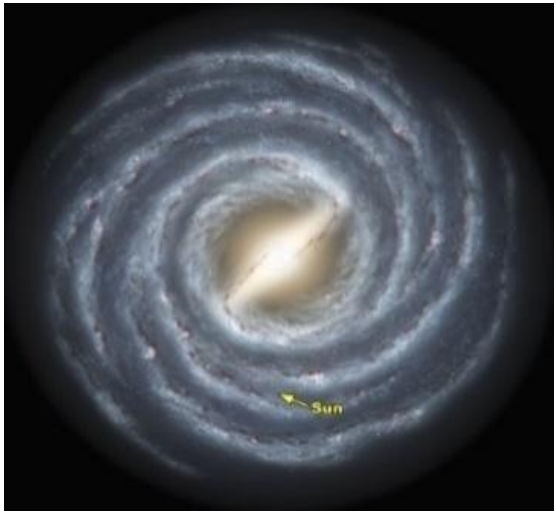
وعادةً ما يكون أقل من مائة نجم مرئي للعين المجردة في المدينة، وحوالي ألف نجم في الريف في الظروف المثالية. وتقع معظم هذه النجوم على بُعد 50 سنة ضوئية من الأرض.

iii. مجرتنا (درب التبانة)

مجرة درب التبانة هي مجرة حلزونية ذات قضبان تحتوي على ما بين 200 و400 مليار نجم، إلى جانب كميات هائلة من الغاز والغبار والمادة المظلمة. ويمتد قطرها إلى 100 ألف سنة ضوئية تقريباً، بينما يبلغ سُمكها حوالي 1000 سنة ضوئية، مما يجعلها مسطحة نسبياً وتشبه القرص مع انتفاخ مركزي.

تقع الشمس على بُعد 26,000 سنة ضوئية تقريبًا من مركز المجرة، وتدور حولها مرة كل 220 مليون سنة، وهي فترة تُعرف بالسنة المجرية. ويقع نظامنا الشمسي بالقرب من ذراع الجبار، وهو ذراع صغير يقع بين الذراعين الحلزونيين القوس وبرسيوس. يقع هذا الموقع فوق مستوى المجرة بحوالي 60 سنة ضوئية فوق مستوى المجرة، ويوفر هذا الموقع منظوراً مفيداً لرصد

الكون في اتجاهات متعددة بأقل قدر من العوائق من الغبار والغاز الكثيف داخل قرص المجرة.



الشكل 1.3. مجرتنا (درب التبانة)

iv. المجرات ومجموعات المجرات والعناقيد المجرية والعناقيد الفائقة

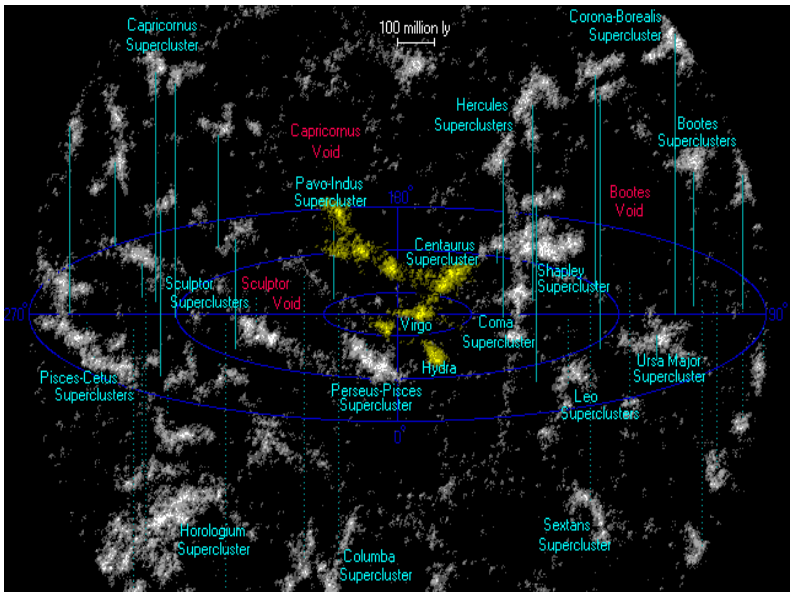
مجرة أندروميدا (M31) هي أقرب مجرة إلى مجرة درب التبانة، وتقع على بعد حوالي 2.5 مليون سنة ضوئية من الأرض. وهي مرئية للعين المجردة من نصف الكرة الشمالي (المقدار البصري = 3.4) ولها شكل مشابه لشكل مجرة درب التبانة. وتقترب مجرة أندروميدا من مجرة درب التبانة بسرعة حوالي 110 كم/ثانية ومن المتوقع أن تصطدم بها في غضون 4 مليارات سنة تقريباً.

يمكن تصنيف المجرات بشكل عام إلى ثلاث فئات شكلية رئيسية: حلزونية وإهليجية وغير منتظمة. عندما تتصادم مجرتان حلزونيتان، يمكن أن تؤدي تفاعلات الجاذبية بينهما إلى تحول دراماتيكي، وغالباً ما يؤدي ذلك إلى تكوين مجرة بيضاوية الشكل. وعادة ما تتكشف هذه العملية عبر مراحل تتضمن مجرات متفاعلة، تليها مرحلة مجرة مضيئة تعمل بالأشعة تحت الحمراء (LIRG) أو مجرة تحت الحمراء فائقة الإضاءة (ULIRG).

الشكل 1.4. المجرة الحلزونية والمجرة الإهليلجية والمجرة غير المنتظمة

إذا كان عدد المجرات المرتبطة جاذبيًا أقل من 50 مجرة، فإنها تُسمى "مجموعة مجرات"، وإذا كان هناك مئات أو آلاف المجرات المرتبطة ببعضها البعض، فإنها تُسمى "مجموعات المجرات". تنتمي أكثر من 40 مجرة قريبة، بما في ذلك مجرة درب التبانة ومجرة أندروميدا، إلى المجموعة المحلية. تُعد المجموعة المحلية وعنقود العذراء جزءًا من عنقود العذراء الفائق، والذي بدوره جزء من عنقود لانياكيا الفائق.

مجمع العنقود الفائق، المعروف أيضاً باسم خيوط المجرة أو سلسلة العنقود الفائق، هو بنية هائلة واسعة النطاق في الكون، تتألف من العديد من العناقيد المجرية الفائقة التي تترابط فيما بينها بواسطة شبكات واسعة من المجرات والغاز والمادة المظلمة. تشكل هذه المناطق المترابطة نمطاً يشبه الشبكة وتمثل أكبر البنى المعروفة في الكون. وهي تمتد على مسافات مذهلة تتراوح بين مئات الملايين ومليارات السنين الضوئية عرضاً، مما يقزم البنى الكونية الأصغر حجماً. ومن بين هذه المجموعات، يبرز سور هرقل-كورونا بوريياليس العظيم كأكبر مجمع عنقود عملاق معروف، وهو شهادة مذهلة على حجم الكون. ويوجد في الكون المرئي ما يقدر بـ 200 مليار مجرة منتشرة عبر مسافة مذهلة حوالي 93 مليار سنة ضوئية، تساهم كل منها في النسيج المعقد للبنيات الكونية.



الشكل 1.5. العناقيد العملاقة القريبة (اللون الأصفر: عنقود لانياكيا العملاق)

b. خلق الكون

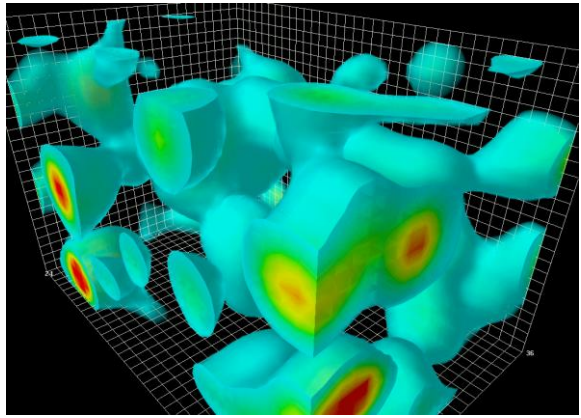
كيف بدأ الكون؟ هل كان موجودًا دائمًا أم أن الله خلقه؟ لاستكشاف هذا الموضوع، سوف ندرس أصل الكون كما لوحظ في علم الفلك وكما هو موصوف في سفر التكوين في الكتاب المقدس.

i. خلق الكون في علم الفلك

إن النظرية الأكثر تأييداً على نطاق واسع حول نشأة الكون هي نظرية الانفجار العظيم، والتي تفترض أن الكون بدأ قبل حوالي 13.8 مليار سنة كنقطة ساخنة وكثيفة بشكل لا يصدق تمددت بسرعة. وهذا يثير بطبيعة الحال السؤال المثير للاهتمام: "ما الذي كان موجوداً قبل الانفجار العظيم؟ تؤكد إحدى الفرضيات الرائدة بتأييد متزايد أن الكون كان موجوداً قبل الانفجار العظيم في حالة من التقلبات الكمية داخل الفراغ، وهو أساس ديناميكي واحتمالي انبثق منه كوننا.

قبل بول ديراك، كان يُنظر إلى الفراغ على أنه فضاء فارغ لا شيء فيه. في عام 1928، جمع ديراك بين ميكانيكا الكم والنسبية الخاصة لوصف سلوك الإلكترون عند السرعات النسبية. ومن المثير للاهتمام أن المعادلة اقترحت حلين للإلكترون: أحدهما لإلكترون ذي طاقة موجبة، والآخر لإلكترون ذي طاقة سالبة. اقترح ديراك أن الفراغ ليس فضاءً فارغًا ولكنه مملوء بعدد لا نهائي

من الإلكترونات ذات الطاقة السالبة (البوزيترون). ولهذا السبب، يُطلق على الفراغ أحيانًا اسم بحر ديراك.



الشكل 1.6. نموذج ثلاثي الأبعاد للتقلبات الكمية في الفراغ

على الرغم من أن بحر ديراك يبدو ثابتًا، إلا أنه ليس ثابتًا أبدًا بسبب مبدأ عدم اليقين لهايزنبرغ. حيث تظهر أزواج الجسيمات والجسيمات المضادة تلقائيًا (إنتاج الأزواج) وتختفي (فناء الأزواج) بطريقة عشوائية. المقياس الزمني هو 10^{-21} ثوانٍ وغير مرئي للعين البشرية، ولكن إذا كانت هناك كاميرا يمكنها التقاطه، فسيكون الأمر أشبه بالنظر إلى بحر متقلب. وهذا ما يسمى "التقلب الكمي". ظهر الانفجار العظيم من بحر التقلبات الكمية في نقطة واحدة. الانفجار العظيم نفسه هو بداية الكون.

مباشرة بعد الانفجار العظيم، خضع الكون لتغيرات سريعة بسبب ارتفاع درجة حرارته وكثافته العالية للغاية. من 10^{-43} ثانية (زمن بلانك) إلى 10^{-36} ثانية، كان الكون محكومًا بنظرية التوحيد الكبرى حيث تم توحيد القوى الثلاث (القوى القوية والضعيفة والكهرومغناطيسية) في النموذج القياسي. ثم دخلت حقبة التضخم من 10^{-36} ثوانٍ إلى 10^{-32} ثوانٍ، وحقبة التضخم من 10^{-32} ثوانٍ إلى 10^{-12} ثوانٍ، وحقبة الكوارك من 10^{-12} ثوانٍ إلى 10^{-6} ثوانٍ، وحقبة الهادرون من 10^{-6} ثوانٍ إلى ثانية واحدة، وحقبة الليبتون من ثانية واحدة إلى 10 ثوانٍ.

في نهاية عصر الليبتون، وقع حدث دراماتيكي ومحوري. فقد خضعت أزواج الليبتون ومضادات الليبتون، التي تتكون أساساً من الإلكترونات والبوزيترونات، لعملية إبادة متبادلة. وأطلقت هذه العملية عدداً هائلاً من الفوتونات (جسيمات الضوء)، مما أدى إلى إغراق الكون بالضوء. وأصبحت هذه الفوتونات هي الشكل المهيمن للطاقة في الكون، معلنةً بداية ما يُعرف

بعصر الفوتون. وقد اتسمت هذه الحقبة، التي استمرت من حوالي 10 ثوانٍ إلى 380,000 سنة بعد الانفجار العظيم، ببلازما ساخنة وكثيفة من الإلكترونات الحرة والنوى والفوتونات. خلال هذا الوقت، تشتت الفوتونات بواسطة الإلكترونات والبروتونات الحرة، مما منعها من الانتقال بحرية وجعل الكون معتماً.

تلي ذلك حقبة إعادة التركيب في نهاية حقبة الفوتون ، حيث وقع حدث مهم آخر. حيث اتحدت الإلكترونات مع البروتونات لتكوين الهيدروجين والهيليوم المتعادلين. هذه هي بداية حقبة هيمنة المادة. عندما حدث هذا، أصبح الكون المملوء بالبلازما شفافاً تدريجياً وتحول إلى الفضاء الذي يمكن أن نسميه السماء. وعندما يحدث هذا، يمكن للفوتونات التي أُنتجت خلال حقبة الفوتون ولكنها كانت محصورة سابقاً في البلازما أن تتحرك الآن بحرية في أرجاء الكون الشفاف. وتلاحظ هذه الفوتونات التي تتحرك بحرية كضوء ساطع جداً وتشكل إشعاع الخلفية الميكروويفي الكوني.

لقد تشكلت النجوم والمجرات التي نراها اليوم من الذرات التي تكونت خلال حقبة إعادة التركيب. ومنذ ذلك الحين، استمر الكون في التوسع في أعقاب الانفجار العظيم. وعندما بلغ عمر الكون 9.8 مليار سنة، بدأت الطاقة المظلمة تهيمن على الكون، معلنةً بذلك بداية عصر هيمنة الطاقة المظلمة. في هذه الحقبة، استمر الكون في التوسع بمعدل متسارع. هذا التوسع المتسارع هو الحالة الحالية للكون.

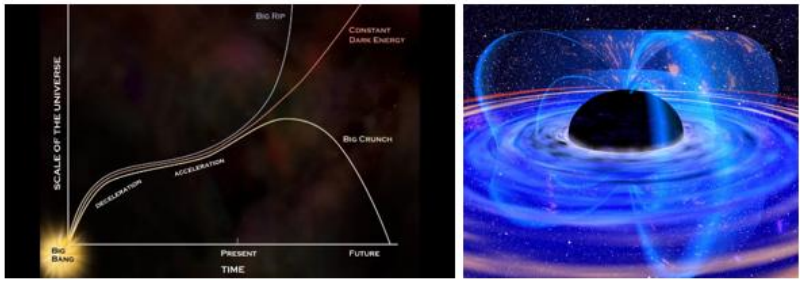
بـ مصير الكون (الانفجار العظيم مرة أخرى؟)

يعتمد مصير الكون على كثافته الكلية. ووفقاً لقياسات WMAP، فإن الكثافة الحالية للكون تساوي تقريباً الكثافة الحرجة (حوالي 10^{-29} جم سم$^{-3}$) ضمن هامش خطأ بنسبة 0.5%. ومع ذلك، يعني عدم اليقين هذا أنه لا يمكننا حتى الآن تحديد المصير النهائي للكون بشكل قاطع حتى يتم الحصول على قياسات أكثر دقة. وإذا كانت كثافة الكون أكبر من الكثافة الحرجة، فإن قوى الجاذبية ستتغلب في النهاية على التمدد، مما يتسبب في انهيار الكون على نفسه في حدث كارثي يُعرف باسم "الانهيار الكبير"، وهو سمة من سمات الكون المغلق.

وعلى العكس من ذلك، إذا كانت الكثافة أقل من الكثافة الحرجة، سيستمر الكون في التمدد إلى الأبد بمعدل متسارع، مما يؤدي إلى سيناريو يُعرف باسم التمزق الكبير، وهو سمة من سمات الكون المفتوح. في هذه الحالة، ستبرد درجة حرارة الكون تدريجيًا مع تقدم التمدد، وسيتوقف تكوين النجوم في نهاية المطاف بسبب نضوب الوسط بين النجمي الضروري لتكوين النجوم. ومع مرور الوقت، سيصبح الكون مظلمًا وباردًا بشكل متزايد، وهي عملية يشار إليها غالبًا باسم "الموت الحراري".

سينفذ الوقود من النجوم الحالية ويتوقف عن الإشعاع. بعد ذلك، يتبع ذلك اضمحلال

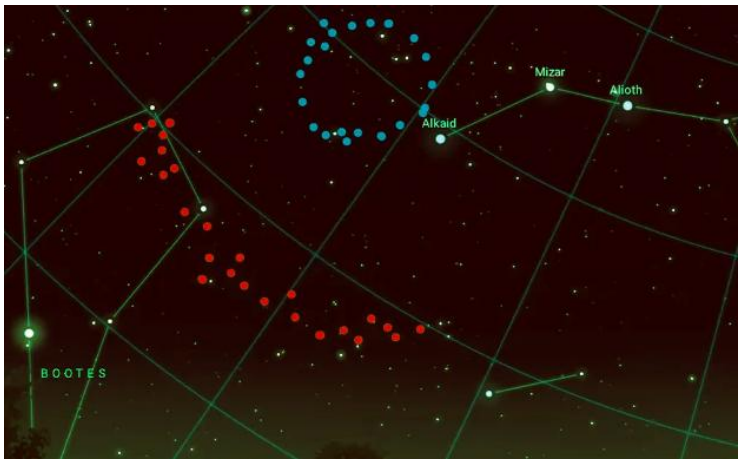
البروتونات كما تنبأت النظرية الموحدة الكبرى عندما يكون عمر الكون حوالي 10^{32}سنوات. حوالي 10^{43}سنوات، ستبدأ الثقوب السوداء في التبخر عبر إشعاع هوكينج. بعد اضمحلال جميع المواد الباريونية وتبخر جميع الثقوب السوداء، سيمتلئ الكون بالإشعاع. وستبرد درجة حرارة الكون إلى الصفر المطلق ويصبح كل شيء مظلمًا وفارغًا، وهو ما يشبه حالة الكون الذي كان يمر بتقلبات كمومية قبل الانفجار العظيم.



الشكل 1.7. مصير الكون والثقب الأسود المتبخر

في الآونة الأخيرة، تم اكتشاف بنيتين كونيتين عملاقتين كونيتين عملاقتين على بعد 7 مليارات سنة ضوئية من الأرض في اتجاه الدب الأكبر. يتحدى القوس العملاق، الذي اكتُشف في عام 2022، وحلقة الكبيرة، التي اكتُشفت في عام 2024، المبدأ الكوني الذي ينص على أن الكون متجانس ومتساوي الخواص على نطاق واسع. تتطلب هذه البنى الضخمة تفسيراً مناسباً. أحد التفسيرات المحتملة هو أنها خيوط كونية ضخمة أو بقايا من تبخر هوكينج للثقوب السوداء فائقة الكتلة (نقاط هوكينج) من الانفجار العظيم السابق.

يرتبط هذا التفسير بعلم الكونيات الدوري المطابق لروجر بنروز (CCC). إن CCC هو نموذج كوني يستند إلى النسبية العامة، حيث يتمدد الكون إلى الأبد حتى تضمحل كل المادة وتترك الثقوب السوداء. في CCC، يتكرر الكون عبر دورات لا نهائية، مع ظهور انفجار كبير جديد داخل الانفجار الكبير الحالي الذي يتوسع باستمرار.



الشكل 1.8. الحلقة الكبيرة (الأزرق) والقوس الكبير (الأحمر)

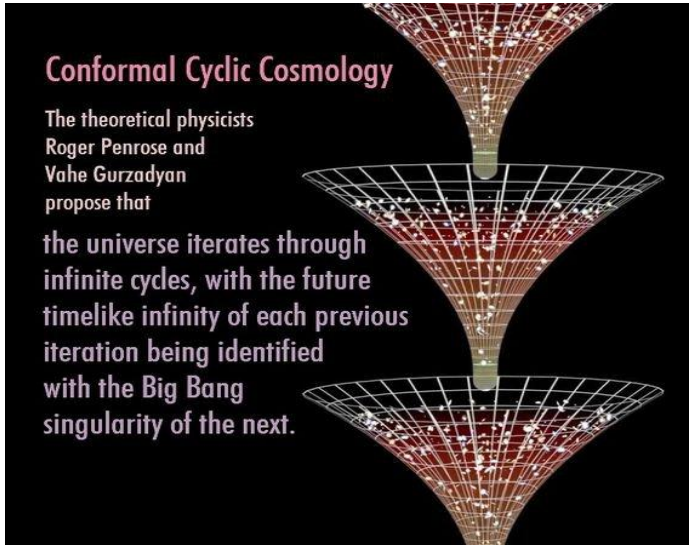
أنا شخصياً أجد أن نظرية CCC جذابة لأنها تقدم حلولاً محتملة لبعض المشاكل في تطور المجرات. فهناك علاقة بين كتلة الثقب الأسود وتشتت السرعة النجمية (علاقة M-sigma). ووفقاً لهذه العلاقة، تبلغ كتلة الثقب الأسود حوالي 0.1% من كتلة مجرته. في الآونة الأخيرة، اكتشفت تشاندرا وJWST مجرة مثيرة للاهتمام، UHZ1، عن طريق عدسة الجاذبية. تقع مجرة UHZ1 على مسافة 13.2 مليار سنة ضوئية، وقد شوهدت عندما كان عمر الكون حوالي 3% فقط من عمره الحالي. اتضح أن كتلة الثقب الأسود المقدرة لمجرة UHZ1 أكبر من كتلة المجرة المضيفة. لا يمكن تفسير كتلة الثقب الأسود الكبيرة هذه من خلال نظريات كتلة الثقب الأسود الحالية ولكن يمكن تفسيرها من خلال نظريات كتلة الثقب الأسود الحالية. ويمكن فهم ذلك إذا كان الثقب الأسود في UHZ1 ثقباً أسود معاد تدويره من الانفجار العظيم السابق وأصبح ثقباً أسوداً أولياً في UHZ1 خلال الانفجار العظيم الحالي.

لا نعرف كيف يحدث الانفجار العظيم الجديد بينما لا يزال الانفجار العظيم الحالي يتمدد. يمكننا أن نحاول استخدام مفهوم الفضاء الفائق. في هذا السيناريو، يتمدد الكون في فضاء ثلاثي الأبعاد. ومع ذلك، تخيل كوننا ثلاثي الأبعاد كسطح مدمج في فضاء أعلى بعداً (الفضاء الفائق). هذا الفضاء الأعلى بعداً يمكن أن يكون فضاءً رباعي الأبعاد (أو أكثر) حيث كوننا بأكمله مجرد "شريحة" أو "غشاء".

بينما يستمر كوننا في التوسع، قد يتقارب في النهاية إلى نقطة وحيدة في هذا الفضاء الفائق الأعلى أبعادًا، مثلما يمكن لسطح ثنائي الأبعاد أن ينحني ويتقارب عند نقطة في فضاء ثلاثي الأبعاد. يمكن أن تكون هذه النقطة في الفضاء الفائق مشابهة لعنق زجاجة كلاين، وهو شكل أعلى بعداً حيث يلتف السطح على نفسه.

عندما يتلاقى توسع الكون في الفضاء ثلاثي الأبعاد مع هذه النقطة المفردة في الفضاء الفائق، يمكن أن يخلق ظروفاً تصبح فيها كثافة الطاقة عالية للغاية. وإذا لم تستوعب هذه النقطة المفردة في الفضاء الفائق الطاقة الهائلة وتدفق الطاقة الفراغية الهائلة من الكون الحالي الآخذ في التوسع، فقد يؤدي ذلك إلى انفجار. وسيكون هذا الانفجار بداية لانفجار عظيم جديد، مما يخلق كونًا جديدًا.

وبهذه الطريقة، يمكن أن يؤدي الكون الحالي الآخذ في التوسع المستمر للانفجار العظيم إلى تكوين كون جديد في إطار الفضاء الفائق، مع التقارب إلى نقطة واحدة تعمل كجسر بين دورات الانفجار العظيم. ويوفر هذا التقارب ذو الأبعاد الأعلى آلية لدورات مستمرة من الانفجار العظيم بينما لا يزال الكون الحالي يتوسع، ويمكن أن تساهم طاقة هذا الكون المتوسع أيضاً في الطاقة المظلمة التي تقود تسارعه.



الشكل 1.9. علم الكونيات الدائري المطابق

iii. خلق الكون في الكتاب المقدس

في هذا القسم، سوف أستكشف خلق الكون كما هو موصوف في الكتاب المقدس من منظور فلكي، دراسة كيف يمكن أن تتوافق الرواية الكتابية مع الفهم العلمي الحديث. سيتعمق هذا التحليل في أوجه التشابه المحتملة بين الرواية الكتابية والرصد الفلكي. في حين أن هذا النهج يوفر منظورًا مثيرًا للاهتمام، إلا أنه من المهم أن ندرك أن هناك طرقًا أخرى لتفسير حساب الخلق في الكتاب المقدس. يمكن أن تختلف هذه التفسيرات بناءً على السياقات اللاهوتية والفلسفية والثقافية، وكل منها يقدم رؤى فريدة من نوعها في السرد العميق لأصول الكون.

أ) أعلن الله خلق الكون

تم وصف خلق الكون في سفر التكوين، أول أسفار الكتاب المقدس.

"في البدء خلق الله السماوات والأرض." (تكوين 1:1)

في هذه الآية تعريف بفعل الخلق من قبل الله تعالى، وتأكيد على أنه تعالى هو المبدئ لكل ما هو موجود. تشمل عبارة "السماوات والأرض" كل الخلق، مما يدل على شمول الكون كله.

"وَكَانَتِ الأَرْضُ بِلاَ شَكْلٍ وَفَارِغَةً، وَعَلَى وَجْهِ الْعُمْقِ ظُلْمَةٌ. وكان روح الله يحوم على وجه المياه". (تكوين 1: 2)

يمثل مصطلح "الأرض" هنا الخليقة المادية المادية (أي المادة الباريونية) التي سيشكلها الله فيما بعد. يمكن تفسير عبارة "كانت الأرض بلا شكل" على أنها تصف حالة بدائية من الفراغ، حيث لم يكن قد خُلق شيء بعد. إن مصطلح "الفراغ" يدل على الفراغ، وإذا لم يكن هناك شيء في ذلك الفراغ، فيمكن أن يُطلق عليه بشكل شرعي الفراغ. ولذلك، فإن عبارة "كانت الأرض بلا شكل وفراغ" تشير إلى أن الكون منذ البداية كان موجودًا في حالة فراغ، أي حالة أولية من العدم. العبارة التالية "كانت الظلمة على وجه العمق" لها معنى عميق. و"الظلمة" هي חֹשֶׁךְ (تشوشك)

بالعبرية وتعني حرفيًا ظلامًا دامسًا بلا أي نور. كلمة "العمق" هي תְּהוֹם (تيهوم) بالعبرية وتعني حرفياً "اضطراب" أو "تقلب". وهكذا، يمكن تفسير عبارة "كانت الأرض بلا شكل وخواء، وكانت الظلمة على وجه العمق" على أنها تصف نشأة الكون من فراغ في حالة من الظلمة والتقلب. يتماشى هذا التفسير بشكل وثيق مع حالة الكون في مرحلته الأولى - قبل الانفجار العظيم - عندما كان موجودًا كفراغ يمر بتقلبات كمومية.

ب) خلق الضوء

الحدث الرئيسي في اليوم الأول من الخلق هو خلق النور.

"وَقَالَ ٱللَّهُ: لِيَكُنْ نُورٌ، فَكَانَ نُورٌ". (تكوين 1: 3)

تنص الآية على أن الله بدأ خلق الكون بخلق الضوء. وبالمثل، بدأ الانفجار العظيم بسلسلة من الحقب السريعة التي استغرقت في مجموعها أقل من ثانية، مما أدى في النهاية إلى خلق الضوء (الفوتونات) خلال حقبة الفوتونات. يتطابق خلق الضوء في سفر التكوين 1:3 بشكل ملحوظ مع خلق الضوء خلال حقبة الفوتونات - مما يجعل الرواية التوراتية تتوافق بشكل قوي مع هذه اللحظة المحورية في بداية الكون.

ج) خلق السماء

الحدث الرئيسي في اليوم الثاني من الخلق هو خلق السماء (السماوات).

"وصنع الله الخزنة و...، دعا الله الخزنة السماء...." (تكوين 1: 7، 8)

يمكن الربط بين خلق السماء الموصوف في سفر التكوين وحقبة إعادة التركيب في علم الكونيات في الانفجار العظيم. قبل هذه الحقبة، كان الكون قبل هذه الحقبة معتماً ومليئاً ببلازما كثيفة وساخنة من الإلكترونات والنيوترونات والبروتونات والفوتونات. وقد شتتت هذه البلازما الفوتونات ومنعتها من الانتقال بحرية وجعلت الكون معتماً للإشعاع. خلال هذا الوقت، كان الكون بعرض 10 سنوات ضوئية تقريباً،

مما يعني أنه لم يكن هناك مساحة واضحة لـ "سماء" مرئية.

ومع ذلك، في حقبة إعادة التركيب، برد الكون بما فيه الكفاية لكي تتحد الإلكترونات والبروتونات وتشكل ذرات هيدروجين متعادلة. أدت هذه العملية إلى تصفية البلازما، مما جعل الكون شفافاً وسمح للفوتونات بالانتقال بحرية عبر الفضاء. ونتيجة لذلك، ظهرت إلى الوجود مساحة شاسعة وشفافة - ما نعرفه بالسماء المرئية - يبلغ نصف قطرها حوالي 42 مليون سنة ضوئية. وهكذا، يمكن تفسير خلق السماء في سفر التكوين 1: 7-8 على أنه إشارة إلى هذا الحدث المحوري في التاريخ الكوني.

يلخص الجدول التالي خلق الكون كما هو موصوف في الكتاب المقدس وكما أوضحه علم الفلك. وتظهر المقارنة أن رواية الخلق في سفر التكوين تتوافق مع الحقائق الفلكية بدرجة ملحوظة، مما يؤكد أن الله قد كشف هذه الحقائق بالفعل من خلال الكتاب المقدس قبل أن يكتشفها العلم بوقت طويل.

جينيسيسيس	علم الفلك
تذبذب الفراغ (تك 1: 2 - قبل الخلق)	تذبذب الفراغ (قبل الانفجار العظيم)
خلق الضوء (تك 1: 3 - يوم الخلق 1: 1)	خلق الضوء (عصر الفوتون)
خلق السماء (سفر التكوين 1: 7-8 - يوم الخلق 2)	خلق السماء (حقبة إعادة التركيب)

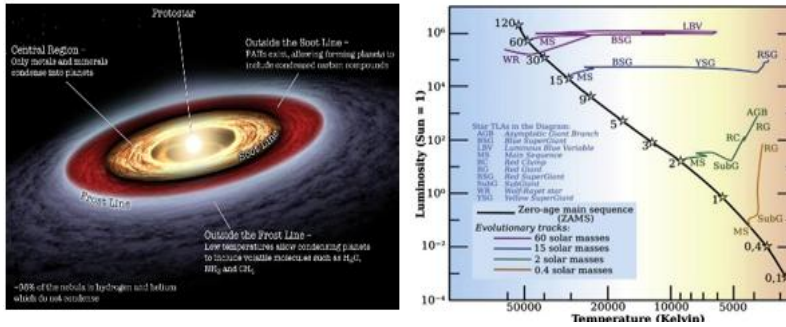
الجدول 1.1. مقارنة بين الخلق في سفر التكوين وعلم الفلك

c. أيهما خُلقت أولاً، الأرض أم الشمس؟

الحدث الرئيسي في اليوم الثالث من الخلق في سفر التكوين هو خلق الأرض اليابسة والبحر. يمكن فهم ذلك على أنه الفترة التي تم خلالها تكوين الأرض وتنظيمها. تدل عملية تجميع المياه وإظهار اليابسة على تطور سطح الأرض ومعالمها الجغرافية. الحدث الرئيسي في اليوم الرابع في سفر التكوين هو خلق الشمس. وهكذا، خُلقت الأرض قبل الشمس. سيكون من المثير للاهتمام فحص ما إذا كانت الرواية التوراتية تتفق مع الملاحظات الفلكية. دعونا نستكشف ذلك.

تتكون النجوم والكواكب من السحب الجزيئية. وتتكون السحب الجزيئية من حوالي 98% من الغاز (حوالي 70% هيدروجين و28% هيليوم) و2% غبار (كربون ونيتروجين وأكسجين وحديد، إلخ). تتكون معظم النجوم والكواكب الجوفية من الغاز، وتتكون معظم الكواكب الأرضية من الغبار. تتشكل النجوم الأولية عندما تنهار السحب الجزيئية تحت تأثير جاذبيتها. وخلال هذه العملية، تشكل المواد المتبقية من السحب الجزيئية قرصاً دواراً يُعرف باسم القرص الكوكبي الأولي، وهي المنطقة التي تتشكل فيها الكواكب في نهاية المطاف. ويؤدي انهيار الجاذبية إلى تسخين النواة وضغطها، مما يؤدي إلى ولادة النجم الأولي، بينما يوفر القرص الدوار المحيط به البيئة اللازمة لتكوين الأجسام الكوكبية وتطورها.

ومع استمرار النجم البدائي في الانكماش، يصبح نجمًا من نجوم ما قبل التسلسل الرئيسي ويتبع مسارات التطور النجمي المعروفة باسم مسار هاياشي (للنجوم منخفضة الكتلة) ومسار هيني (للنجوم عالية الكتلة) في مخطط هيرتزسبرونغ-راسل (مخطط H-R). يمكن رصد نجوم ما قبل المتتالية الرئيسية كنجوم T Tauri إذا كانت كتلتها أصغر من كتلتين شمسيتين، وكنجوم Herbig Ae/Be إذا كانت كتلتها أكبر من كتلتين شمسيتين. يستمر نجم ما قبل التسلسل الرئيسي في الانكماش حتى ترتفع درجة حرارته الداخلية إلى 10 إلى 20 مليون درجة. عند هذه النقطة، يبدأ نجم ما قبل التسلسل الرئيسي بالاندماج النووي الهيدروجيني ويصبح نجماً حقيقياً في السماء. وتسمى النجوم في هذه المرحلة بنجوم التسلسل الرئيسي.



الشكل 1.10. النجم البدائي والقرص الكوكبي الأولي ومخطط H-R

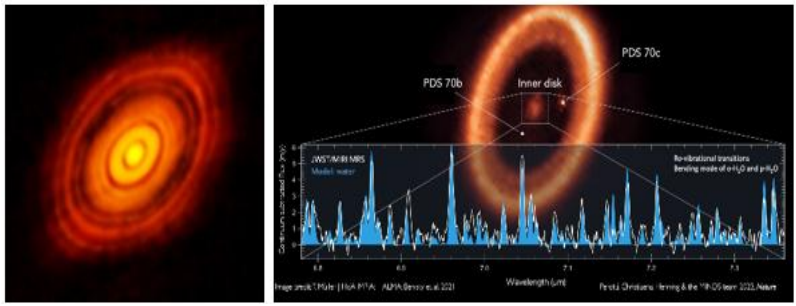
ووفقًا لنظرية التطور النجمي ودراسات علم الشمس، فقد بقيت الشمس في مرحلة ما قبل التسلسل الرئيسي لمدة تتراوح بين 40 إلى 50 مليون سنة تقريبًا، وبعد ذلك أصبحت نجمًا من نجوم التسلسل الرئيسي.

بينما يتشكل النجم في المركز، تتشكل الكواكب في القرص الكوكبي الأولي. وتشكل تصادمات جزيئات الغبار والغاز حصى، وتنمو الحصى إلى صخور، وتتطور الصخور إلى أشباه كواكب. هذه الأجرام الكوكبية هي لبنات بناء الكواكب.

في الآونة الأخيرة فقط تمت دراسة تفاصيل عملية تشكل الكواكب في قرص الكواكب الأولية بنشاط. وتتنبأ الدراسات بأن الأمر سيستغرق بضعة ملايين من السنين لتكوين كوكب بحجم الأرض من حصى بحجم 1 ملم. ويمكن اختبار هذا التنبؤ من خلال عمليات الرصد الفعلية، بما في ذلك صور ALMA دون المليمترية لنجمي T Tauri HL Tau و PDS 70.

تبلغ كتلة النجم HL Tau كتلتين شمسيتين تقريباً، وعمره حوالي مليون سنة. تكشف الصورة أن العديد من الكواكب قد تشكلت بالفعل وتدور حول النجم المركزي ما قبل المتتالية الرئيسية، كما هو مبين في الفجوات الموجودة في قرص الكواكب الأولية. تبلغ كتلة الكوكب PDS 70 حوالي 0.76 كتلة شمسية، وعمره حوالي 5.4 مليون سنة. تم تصوير كوكبين خارج المجموعة الشمسية وهما PDS 70b و PDS 70c مباشرة بواسطة ESO VLT. في عام 2023، اكتشفت عمليات الرصد الطيفي بواسطة تلسكوب جيمس ويب الفضائي وجود الماء في منطقة تكوين الكوكب الأرضي في القرص الكوكبي الأولي واقترحت أن كوكبين أو أكثر من الكواكب الأرضية قد تشكلت في الداخل. من المهم أن نلاحظ أن سحب الغاز والغبار التي شوهدت في HL Tau قد أزيلت إلى حد كبير في PDS 70، وتشكلت الكواكب الأرضية التي تحتوي على الماء في المركز.

لقد استغرق الأمر 5.4 مليون سنة لتكوين الكواكب الأرضية، ولكن حتى لو استغرق الأمر 10 ملايين سنة، فسيظل ذلك أقل بكثير من 40 مليون إلى 50 مليون سنة لتصبح الشمس نجمًا من نجوم السلسلة الرئيسية. وهذا يشير إلى أن الأرض خُلقت قبل الشمس، كما جاء في سفر التكوين، ويتفق مع الملاحظات الفلكية.



الشكل 1.11. HL Tau و PDS 70

الحدث الرئيسي الآخر الذي قام به الله في اليوم الثالث هو خلق النباتات والأشجار. غالبًا ما يتساءل الملحدون وأصحاب نظرية التطور كيف كان يمكن لهذه النباتات والأشجار أن تعيش إذا كانت الشمس قد خُلقت في اليوم الرابع. يمكن الإجابة على هذا السؤال في سياق نظرية التطور النجمي. عندما تشكلت الأرض، كانت الشمس لا تزال في مرحلة نجوم التوري. على الرغم من أن نجوم Tauri ليست من نجوم السلسلة الرئيسية، إلا أن درجة حرارة سطحها تتراوح بين 4000 إلى 5000 كلفن. ويبلغ إشعاع الجسم الأسود عند درجة الحرارة هذه ذروته في الطول الموجي المرئي. علاوة على ذلك، كان حجم الشمس كنجم T Tauri أكبر بعدة مرات من حجمها الحالي. لذلك، يمكن أن يوفر طاقة كافية في نطاق الطول الموجي المرئي لتمكين عملية التمثيل الضوئي في النباتات والأشجار.

d. هل عمر الأرض 6,000 سنة؟

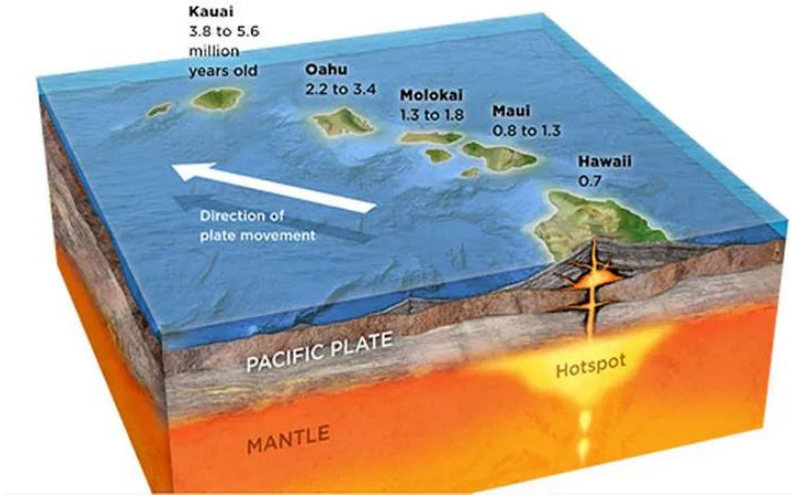
" خلق الأرض الفتية " هو الاعتقاد بأن عمر الأرض والكون صغير نسبيًا، يتراوح عادةً بين 6000 و 10000 سنة تقريبًا، استنادًا إلى تفسير حرفي لرواية الخلق في الكتاب المقدس في سفر التكوين. يعتقد أنصار خلق الأرض الفتية أن الأرض خُلقت في ستة أيام على مدار 24 ساعة، ويرفضون الكثير من الإجماع العلمي الحديث فيما يتعلق بعمر الأرض والكون. تشير الأدلة العلمية المستفيضة من مختلف المجالات، بما في ذلك الجيولوجيا وعلم الفلك والفيزياء، إلى أن عمر الأرض يبلغ حوالي 4.6 مليار سنة، وعمر الكون حوالي 13.8 مليار سنة. وعلى الرغم من هذه الأدلة الوفيرة، لا

يوافق أنصار خلق الأرض الشابة على ذلك. يذكرنا هذا الموقف بالنقاش بين نموذجي مركزية الأرض ومركزية الشمس في أيام غاليليو غاليلي.

قبل الخوض في المناقشة الرئيسية، دعونا ننظر في بعض الأمثلة التي تجعل من السهل فهم أن عمر الأرض والكون لا يقل عن عدة ملايين من السنين.

تتكون القشرة الأرضية من صفائح تكتونية تتحرك ببطء مسببة الزلازل. لا أحد ينكر هذه الحقيقة. البقعة الساخنة هي نقطة تتدفق فيها الصهارة من أعماق الوشاح تحت القشرة الأرضية، ومركزها ثابت في مكانه. عندما تتدفق الصهارة إلى القشرة الأرضية وتبرد، فإنها تشكل اليابسة. وجزر هاواي هي مثال رئيسي على هذه العملية. ففي جزيرة هاواي الكبيرة، لا يزال بركان كيلاويا بركانًا نشطًا، وعندما تبرد الصهارة التي تنفجر في مياه البحر، تتشكل يابسة جديدة. تتحرك اليابسة المتكونة حديثًا إلى الشمال الغربي بمعدل يتراوح بين 7 و10 سم سنويًا بسبب الصفائح التكتونية، وقد أدت هذه العملية إلى تكوين جزر هاواي المختلفة. وهذا يحدث حتى الآن، وهي حقيقة لا يمكن إنكارها.

وبالنظر إلى السرعة التي تتحرك بها الصفائح التكتونية، يُقدّر عمر جزر هاواي على النحو التالي: عمر الجزيرة الكبيرة 400,000 سنة، وعمر جزيرة ماوي مليون سنة، وعمر جزيرة مولوكاي 1.5 إلى 2 مليون سنة، وعمر جزيرة أواهو (حيث تقع وايكيكي) 3-4 ملايين سنة، وعمر جزيرة كاواي حوالي 5 ملايين سنة. في الجزيرة الكبيرة، يمكن للمرء أن يرى أن الكثير من الأرض لا تزال مغطاة بالتربة البركانية السوداء، مما يشير إلى الحد الأدنى من التجوية. وعلى النقيض من ذلك، خضعت كاواي لعوامل جوية كبيرة، مما سمح للنباتات بالازدهار، مما أكسبها لقب "جزيرة الحدائق". يقدم هذا المثال دليلاً مباشراً على أن عمر الأرض لا يقل عن عدة ملايين من السنين.



الشكل 1.12. التاريخ الجيولوجي لجزر هاواي

ولكي نفهم مباشرة أن عمر الكون لا يقل عن عدة ملايين من السنين، لا يحتاج المرء إلا إلى قبول أن الضوء ينتقل بسرعة 300000 كم في الثانية. تبعد الشمس 150 مليون كم عن الأرض. لذا، فإن ضوء الشمس الذي نتلقاه الآن قد تولد على الشمس قبل 8.3 دقيقة. الشمس أكبر من القمر بحوالي 400 مرة، ولكن لأنها أبعد بكثير، فإنها تبدو بنفس حجم القمر في السماء. لا أحد ينكر ذلك. مجرة أندروميدا مماثلة في الحجم لمجرتنا درب التبانة ولكنها تبعد 2.5 مليون سنة ضوئية، مما يجعلها تبدو أكبر من حجم القمر بحوالي أربعة أضعاف. وحقيقة أننا نستطيع رؤية مجرة أندروميدا تعني أن الضوء الذي نرصده قد نشأ في أندروميدا قبل 2.5 مليون سنة ووصل إلينا الآن فقط. إذا كنت قد رأيت مجرة أندروميدا، فلا يمكنك إنكار هذه الحقيقة. هذا دليل مباشر على أن عمر الكون لا يقل عن عدة ملايين من السنين.

على الرغم من هذه الحقائق، إذا استمر المرء في الإصرار على أن عمر الأرض 6000 سنة، فقد يصبح ذلك حجر عثرة بدلاً من أن يساعد في نشر الإنجيل، مما قد يبعد الكثير من الناس عنه. لذلك، بدلًا من الدعوة إلى نظرية خلق الأرض الشابة، قد يكون من المنطقي أكثر أن نقرأ بعناية سفر التكوين في الكتاب المقدس ونحاول إيجاد حل.

بالنسبة للبشر، يتدفق الزمن دائمًا من الحاضر إلى المستقبل ولا يتدفق أبدًا إلى

الوراء. نعرّف اليوم الواحد بأنه 24 ساعة، ولكن إذا خُلقنا على كواكب أخرى، فلن يكون اليوم الواحد 24 ساعة. على سبيل المثال، إذا خُلقنا على كوكب الزهرة، فسيكون اليوم الواحد 243 يومًا أرضيًا، وعلى كوكب المشتري، سيكون اليوم الواحد 10 ساعات أرضية. لذلك، ما لم نغير تعريفنا وإدراكنا للوقت من منظور مركزية الأرض، سيكون من الصعب معالجة هذه المسألة. دعونا نناقش هذا الأمر أكثر مع وضع هذه الحقائق في الاعتبار.

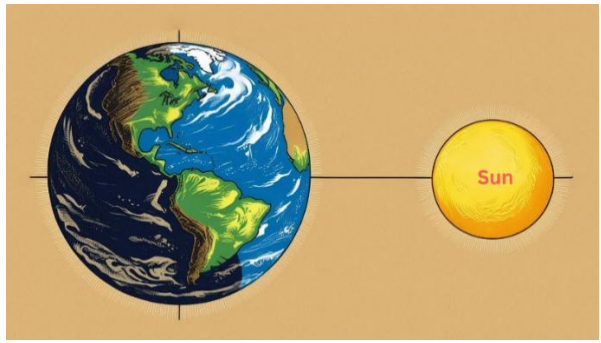
i. الأيام في سفر التكوين

أولاً، دعونا نقدر عمر الكون بناءً على السجلات الواردة في سفر التكوين. وفقًا لسفر التكوين، خلق الله الكون وكل ما فيه خلال ستة أيام. يمكن تقدير الوقت المنقضي من آدم إلى نوح باستخدام سجلات الأنساب في سفر التكوين 5: 3-32. حدث طوفان نوح عندما كان عمر نوح 600 سنة، ومجموع عدد السنوات من آدم إلى الطوفان هو 1،656 سنة. نحن لا نعرف متى حدث طوفان نوح. يحاول بعض علماء التوراة والتقاليد الكتابية تحديد تاريخ الطوفان باستخدام الأنساب في الكتاب المقدس، ويقدرون أنه حدث حوالي 2300-2400 سنة قبل الميلاد. لذلك، فإن عمر الكون، وفقًا لهذا التفسير، هو 7 أيام + 1,656 سنة + 4,400 سنة = 6,056 سنة. هذا هو الأساس النظري لادعاء أنصار خلق الأرض الفتية بأن عمر الأرض 6000 سنة.

لمعالجة مشكلة العمر اليومي، دعونا نلقي نظرة أخرى على سفر التكوين. في حين يبدو أنه لا توجد مشاكل في سجلات الأنساب في سفر التكوين، قد يكون هناك بعض الجدل فيما يتعلق بالسنة الدقيقة لطوفان نوح. ومع ذلك، سواء حدث طوفان نوح قبل 4400 سنة أو قبل 44000 سنة، فإن ذلك لا يؤثر بشكل كبير على عمر الكون كما هو مفهوم في السياق العلمي البالغ 13.8 مليار سنة. إذًا، أين هو مفتاح حل مشكلة عمر اليوم؟ ربما تكون قد لاحظت بالفعل - يكمن المفتاح في تفسير الأيام السبعة الأولى من الخلق.

والسبب بسيط. يُعرَّف اليوم بأنه فترة دوران الكوكب الذي نعيش عليه. لتعريف اليوم، يجب أن يكون كل من الشمس والأرض موجودين مسبقًا. ومع ذلك، يسجل سفر التكوين أن الأرض خُلقت في اليوم الثالث، والشمس في اليوم الرابع، ومع ذلك

استخدم الله مصطلحي "النهار" و"الليل" حتى قبل خلقهما. وهذا يعني أن "اليوم" في سفر التكوين ليس اليوم الذي مدته 24 ساعة كما نعرّفه نحن، بل هو "يوم" كما عرّفه الله. تكمن مغالطة دعاة خلق الأرض الشابة في سوء فهمهم أن "اليوم" المذكور في سفر التكوين يشير إلى يوم الإنسان الحرفي الذي مدته 24 ساعة، مما يؤدي إلى تفسير خاطئ لمصطلح "اليوم" في رواية سفر التكوين.



الشكل 1.13. لتحديد اليوم، يجب أن تكون الأرض والشمس موجودتين مسبقًا.

إذا لم تكن الأيام الواردة في سفر التكوين هي فترات الـ 24 ساعة كما حددها البشر، فقد تتساءل: "كم يبلغ طول الأيام في سفر التكوين من حيث أيام البشر؟ في حين أننا لا نعرف الإجابة الدقيقة، يمكننا تقدير فترة تقريبية من خلال مقارنة أحداث

الحدث الرئيسي في اليوم الأول من الخلق هو خلق النور .تتوافق حقبة الفوتون في الانفجار العظيم مع هذا الحدث، حيث يبلغ الزمن البشري لليوم الأول 380,000 سنة. الحدث الرئيسي في اليوم الثاني من الخلق هو خلق السماء .تتوافق حقبة إعادة التجميع مع هذا الحدث، حيث يبلغ الزمن البشري لليوم الثاني 100,000 سنة .الحدث الرئيسي في اليوم الثالث هو خلق الأرض .كما رأينا في القسم السابق، يستغرق تكوين الأرض حوالي 10 ملايين سنة، لذا فإن اليوم الثالث من الخلق كان سيستغرق أكثر من 10 ملايين سنة .وبالمثل، فإن الحدث الرئيسي في اليوم الرابع هو خلق الشمس .نظرًا لأن تكوين الشمس يستغرق ما بين 40 إلى 50 مليون سنة تقريبًا، فإن

اليوم الرابع من الخلق كان سيستغرق أكثر من 40 مليون سنة .يلخص الجدول التالي النتائج المذكورة أعلاه.

يوم في الخلق	حدث في سفر التكوين	حدث في علم الفلك	الإنسان الوقت
اليوم الأول	خلق النور	إنشاء الضوء في عصر الفوتون	380,000 سنة
اليوم الثاني	خلق السماء	خلق السماء في حقبة إعادة التركيب	100,000 سنة
اليوم الثالث	خلق الأرض	خلق الأرض	10< مليون سنة
اليوم الرابع	خلق الشمس	خلق الشمس	40<مليون سنة

الجدول 1.2. أيام الخلق في سفر التكوين مفسرة في زمن الإنسان

هنا، نلاحظ بعض الحقائق غير المتوقعة حول مفهوم الزمن كما يستخدمه الله .الأيام في قصة الخلق أطول بكثير مقارنة بيوم الإنسان الذي يبلغ 24 ساعة .علاوة على ذلك، فإن زمن الله ليس ثابتًا بل متغيرًا، حيث يتراوح بين مئات الآلاف من السنين وأكثر من 40 مليون سنة .كيف يمكننا فهم ذلك؟ في بعض النواحي، هذه النتيجة ليست مفاجئة بل متوقعة.

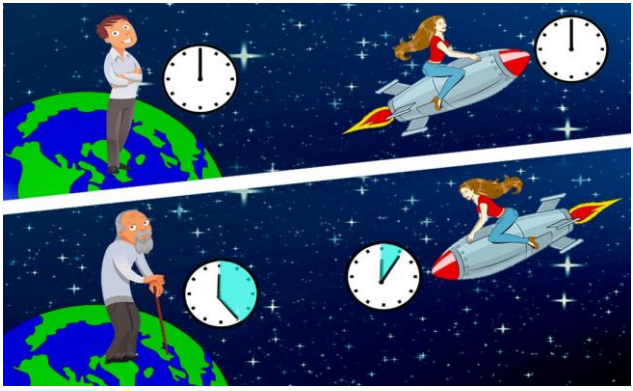
بـ خالق الزمن

كلمة "يوم" المستخدمة في سفر التكوين هي يوم (יוֹם) بالعبرية. يمكن تفسير يوم بعدة طرق، بما في ذلك تفسير يشير إلى العمر أو فترة زمنية طويلة. يشير هذا التفسير إلى أن كل "يوم" من الخلق يمثل حقبة زمنية طويلة حدثت خلالها أعمال خلق محددة. تفسير آخر هو أن كلمة "يوم" تشير إلى فترة زمنية غير محددة الطول. يفترض هذا الرأي أن أيام الله ليست مقيدة بقيود الزمن البشري، معترفًا بأن الله، بصفته خالق الزمن، يعمل خارج حدودنا الزمنية. يمكن العثور على أمثلة على هذا التفسير في الكتاب المقدس.

في 2 بطرس في العهد الجديد، مكتوب في العهد الجديد:

"ولكن لا تنسوا هذا الشيء، أيها الأصدقاء الأعزاء: الْيَوْمُ عِنْدَ ٱلرَّبِّ كَأَلْفِ سَنَةٍ، وَأَلْفُ سَنَةٍ كَيَوْمٍ وَاحِدٍ". (2 بطرس 3: 8)

يهدف هذا المقطع إلى تشجيع أولئك الذين ينتظرون وعود الله على أن يفعلوا ذلك بصبر. وقد يشير أيضًا إلى أن منظور الله للوقت يختلف عن منظور البشر، مما يعني أن الله يستطيع أن يوسع الوقت أو يقلصه كما يشاء. نحن نفهم أن الزمن ليس كمية ثابتة. فوفقًا للنسبية الخاصة، يتحرك الزمن أبطأ بالنسبة للمراقب المتحرك من المراقب الساكن في نفس إطار القصور الذاتي ($t = t_0/\sqrt{1-(v/c)^2}$). في النسبية العامة، يمر الزمن ببطء أكبر في مجال جاذبية قوي ($t = t_0\sqrt{1-(2GM/rc^2)}$).



الشكل 1.14. رسم توضيحي لتمدد الزمن

الله لا يوسع أو يضيق فقط بل يوقف الزمن أيضًا. في سفر يشوع في العهد القديم، مكتوب:

"توقفت الشمس في منتصف السماء وتأخرت في الغروب نحو يوم كامل" (يشوع 10:13).

حدثت هذه المعجزة أثناء معركة يشوع مع الأموريين، وتوضح أن الله لديه القدرة على تجميد الزمن. علاوة على ذلك، أجرى الله معجزة أكثر إثارة للدهشة، كما هو مسجل في سفر الملوك الثاني من العهد القديم:

"حِينَئِذٍ دَعَا النَّبِيُّ أَشْعِيَا النَّبِيُّ الرَّبَّ، فَجَعَلَ الرَّبُّ الظِّلَّ يَرْجِعُ عَشْرَ دَرَجَاتٍ كَانَ قَدْ نَزَلَ عَلَى دَرَجِ آحَازَ". (2ملوك 20:11)

تعكس الآية أعلاه استجابة الله لصلاة الملك حزقيا الباكية من أجل حياة أطول. استجاب الله برحمته لحزقيا ومنحه 15 سنة إضافية. ولتأكيد وعده، أجرى الله آية عجيبة، إذ جعل الظل على درج آحاز (المزولة) يتراجع عشر درجات إلى الوراء. تشير هذه المعجزة إلى أن الله لديه القدرة على عكس الزمن، وهو مفهوم خارج نطاق فهمنا العلمي الحالي.

الشكل 1.15. درج آحاز (مزولة شمسية)

بالنسبة للبشر، يتدفق الزمن في اتجاه واحد من الحاضر إلى المستقبل، ولكن بالنسبة لله، كما هو موضح في الكتاب المقدس، الزمن متغير يمكنه التحكم فيه. يمكن لله تقصير الزمن أو تمديده أو تجميده أو حتى عكس الزمن، مما يدل على سيادته على القوانين الطبيعية وإبراز التناقض بين القيود البشرية وقدرته اللامتناهية.

e. الكون المضبوط بدقة

يعبّر مصطلح "الكون المضبوط بدقة" عن حقيقة أن الثوابت الفيزيائية الأساسية التي تكوّن الكون وتشغله تدور بدقة متناهية لكي توجد الحياة في الكون.

لو كانت كثافة الكون أكبر من الكثافة الحرجة، لانكمش الكون مباشرة بعد تكوينه. وعلى العكس من ذلك، لو كانت أقل من الكثافة الحرجة، لكان الكون قد تمدد بسرعة كبيرة، مما يمنع تكوين النجوم والمجرات. وفي كلتا الحالتين، ما كان لنا أن نوجد في هذا العالم.

في كتابه *"العقل الجديد للإمبراطور"*، استخدم بنروز معادلة بيكنشتاين-هوكينج لإنتروبيا الثقب الأسود لتقدير الاحتمالات عند الانفجار العظيم. وقد حسب أن احتمال ظهور الكون إلى حيز الوجود بطريقة من شأنها أن تتطور وتدعم الحياة كما نعرفها هو 1 في 10 أس 10^{123}. وهذا يشير إلى أن كوننا لم ينشأ من صدفة أو عملية عشوائية ولكن من خلال ضبط دقيق غير عادي من قبل الخالق الإلهي!

يجب أن تكون الثوابت الأساسية للفيزياء مثل ثابت الجاذبية، وسرعة الضوء في الفراغ، وثابت بلانك، وثابت بولتزمان، وثابت الكهرباء، والشحنة الأولية، وثابت البنية الدقيقة، وما إلى ذلك، يجب أن تكون متناغمة لكي توجد الحياة في الكون. إذا كانت هذه الثوابت مختلفة ولو اختلافًا طفيفًا، فلن يكون الكون قادرًا على دعم الحياة.

على سبيل المثال، إذا كان ثابت الجاذبية أصغر مما هو عليه الآن، فإن قوة الجاذبية ستكون أضعف. هذا الانخفاض في قوة الجاذبية سيجعل من المستحيل على المادة أن تتجمع في النجوم والمجرات والكواكب، بما في ذلك الأرض التي نعيش عليها اليوم. إذا كان ثابت بلانك أكبر مما هو عليه الآن، فستحدث عدة تغييرات أساسية في الكون الفيزيائي. أولاً، ستنخفض شدة الإشعاع الشمسي، مما يؤدي إلى انخفاض الطاقة التي تصل إلى الأرض من الشمس. سيؤثر هذا الانخفاض في الطاقة على العديد من العمليات الطبيعية، بما في ذلك أنماط المناخ والطقس. بالإضافة إلى ذلك، ستؤدي قيم ثابت بلانك الأكبر إلى زيادة حجم الذرات، حيث سيتغير تكميم مستويات الطاقة الذرية. ومن شأن هذه الزيادة أن تضعف قوة الترابط بين الذرات والجزيئات، مما يجعل التفاعلات الكيميائية أقل استقرارًا. وستصبح عملية التمثيل الضوئي في النباتات، التي تعتمد على الامتصاص الدقيق للطاقة الضوئية لتحويل ثاني أكسيد الكربون والماء إلى جلوكوز، أقل كفاءة. وستتغير العمليات الكيميائية الحيوية والفيزيائية الشاملة التي تعتمد على التوازن الحالي لميكانيكا الكم، مما يؤدي إلى بيئة مختلفة بشكل كبير وأقل استقرارًا للحياة.

من بين الثوابت الأساسية، استحوذ ثابت البنية الدقيقة على اهتمام خاص من قبل الفيزيائيين. ويحدد ثابت البنية الدقيقة، الذي يرمز له بالحرف اليونانيα ، قوة التفاعل الكهرومغناطيسي بين الجسيمات المشحونة الأولية.

$$\alpha = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$$

وهي كمية عديمة الأبعاد بقيمة تقريبية تبلغ 137/1، وهو رقم أثار اهتمام الفيزيائيين منذ اكتشافه. فقيمته الدقيقة أمر بالغ الأهمية لاستقرار الكون ووجود الحياة. فلو كانت مختلفة ولو قليلاً عن قيمتها الحالية، لما وجدت الحياة كما نعرفها.

إذا كانα أكبر من 137/1، سيصبح التفاعل الكهرومغناطيسي بين الجسيمات أقوى. وهذا من شأنه أن يؤدي إلى ارتباط الإلكترونات بالنواة بشكل أكثر إحكاماً، مما يقلل من حجم الذرات ويجعل تكوين العناصر الثقيلة أسهل، في حين أن العناصر الخفيفة مثل الهيدروجين ستكون أقل احتمالاً للتشكل. وبما أن الهيدروجين هو المادة الخام الأساسية للاندماج النووي، فإن هذا التغيير سيؤثر بشكل مباشر على بقاء الحياة من خلال الحد من توافر الهيدروجين اللازم لإنتاج الطاقة في الشمس والنجوم. وعلى العكس من ذلك، إذا كانα أصغر من 137/1، سيصبح التفاعل الكهرومغناطيسي بين الجسيمات أضعف. ستكون الإلكترونات أقل ارتباطًا بالنواة بإحكام، مما يؤدي إلى ذرات وجزيئات غير مستقرة. ومن شأن عدم الاستقرار هذا أن يتسبب في اضمحلال الذرات والجزيئات بسهولة أكبر، مما يمنع تكوين جزيئات معقدة مثل الحمض النووي والبروتينات الضرورية للحياة. وبالتالي، فإن أي تغيير كبير في ثابت البنية الدقيقة سيكون له آثار عميقة على تكوين المادة وإمكانية الحياة في الكون.

لا نعرف أصل قيمته العددية $\alpha \approx$ 137/1. اعتبر ديراك أصل α "المشكلة الأساسية التي لم تُحل في الفيزياء". وقد وصف فاينمانα بأنه "رقم الله" أو "الرقم السحري" الذي يشكل الكون، والذي يأتي إلينا دون أن نفهمه. يمكنك القول إن 'يد الله' كتبت هذا الرقم، و'نحن لا نعرف كيف دفع قلمه'.

إذا أعدنا كتابة المعادلةα ، فيمكن أن تمثل عدة نسب: سرعة الإلكترونات إلى سرعة الضوء (أي أن الضوء ينتقل بسرعة 137 مرة أسرع من الإلكترونات)، التنافر الكهرومغناطيسي إلى طاقة الفوتون الواحد، ونصف قطر الإلكترون الكلاسيكي إلى طول موجة كومبتون المختزل للإلكترون. بالإضافة إلى ذلك، فإن نسبة قوة القوة الكهرومغناطيسية إلى قوة الجاذبية هي 10^{36}، ونسبة القوة الكهرومغناطيسية إلى القوة القوية هي 137/1. وبالتالي، يمكن أن تكون القيمة

كما ذكرنا في الفصل 3، "فيزياء الجسيمات والخلق"، تتكون جميع المواد في الكون ،)الباريونات (من الجسيمات الأساسية التي يصفها النموذج القياسي ــ الكواركات

.والليبتونات، والبوزونات القياسية، وبوزون هيغز — ويبلغ مجموعها 17 جسيمًا لكل جسيم كتلة وشحنة ودوران فريدان .لو اختلفت أي من هذه الخصائص الأساسية ولو قليلاً، لما كانت الهياكل الذرية والجزيئية والبيولوجية والكونية التي نعرفها موجودة.

على سبيل المثال، لو تغير الفرق في الكتلة بين الكواركات العلوية والسفلية، لانهار التوازن الدقيق الذي يجعل البروتونات مستقرة والنيوترونات أثقل قليلاً فقط .في مثل هذه الحالة، لما كان الهيدروجين قادراً على التكوّن أو لما كان من الممكن تكوين نوى أثقل، مما يجعل تكوين الذرات مستحيلاً .إذا اختلفت كتلة الإلكترون بشكل كبير، فإن أحجام الذرات ومستويات الطاقة ستتغير، ولن تحدث روابط كيميائية مستقرة، مما يمنع تكوين جزيئات معقدة .إذا تغيرت خصائص بوزون هيغز، فإن الآلية التي تعطي الكتلة لجميع الجسيمات الأولية ستتغير، مما يؤدي إلى إعادة تشكيل بنية الكون نفسه.

علاوة على ذلك، إذا لم تكن الشحنات الكهربائية للبروتونات والإلكترونات متساوية ومتعاكسة تمامًا، فلن يمكن أن توجد ذرات محايدة .إذا كانت شحنات الكواركات مختلفة، فستتغير خصائص البروتونات والنيوترونات، مما يقوض إمكانية وجود نوى ذرية .إذا لم يكن للإلكترونات دوران 1/2، فلن يسري مبدأ استبعاد باولي، ولن تتمكن الذرات من الحفاظ على بنيتها .وبالمثل، إذا لم يكن للبوزونات قيم دوران صحيحة، فإن إطار المجال الكمومي الذي يسمح لقوى مثل الكهرومغناطيسية والقوة القوية والقوة الضعيفة بالعمل سينهار .أخيرًا، إذا لم يكن بوزون هيغز جسيمًا بدوران 0، فإن آلية توليد الكتلة نفسها ستفشل، ولن تتمكن الجسيمات من الوجود في شكلها الحالي.

يعكس الكون الدقيق التوازن والدقة المذهلين اللذين يكمنان وراء وجود كل الأشياء من الكثافة الحرجة للكون التي تم تحديدها بدقة لا يمكن تصورها، إلى حساب بنروز لاحتمالية ضئيلة للغاية لحدوث مثل هذه الظروف الأولية، إلى القيم الدقيقة لثابت الجاذبية وثابت بلانك وثابت البنية الدقيقة، تشير كل التفاصيل إلى كون تمت معايرته بدقة متناهية من أجل الحياة .حتى الجسيمات الأساسية نفسها - الكواركات والليبتونات والبوزونات والهيغز - تمتلك بالضبط الكتل والشحنات والدوران المناسبة للسماح بوجود الذرات والجزيئات والنجوم وفي النهاية الكائنات الحية .لا يمكن أن يُعزى هذا التناغم بشكل معقول إلى الصدفة العمياء.

هذه الدقة الاستثنائية لا تثير الإعجاب فحسب، بل تدفعنا أيضًا إلى طرح أسئلة أعمق حول أصل الكون وغرضه .التفاعل السلس بين القوانين الفيزيائية يحمل بصمة التصميم المتعمد، ومفهوم الخلق الإلهي يقدم تفسيرًا عميقًا ومقنعًا .تمامًا كما تنتج الأوركسترا سيمفونية جميلة فقط عندما تكون كل الآلات مضبوطة بشكل مثالي، كذلك يشهد الكون على حكمة وقدرة الخالق، الذي رتب كل الأشياء بهدف ومعنى.

إذا كان أولئك الذين اكتشفوا المبادئ الأساسية للكون ـ الجاذبية، والنسبية، ومبدأ عدم اليقين، ومبدأ استبعاد باولي، وآلية هيغز ـ يُكرمون باعتبارهم عباقرة ويُمنحون جوائز نوبل، فكم هو أعظم الله، الخالق الذي لم يكتفِ بتصور هذه القوانين والمبادئ، بل أوجد الكون بأسره؟

2. تحفة الله، الأرض

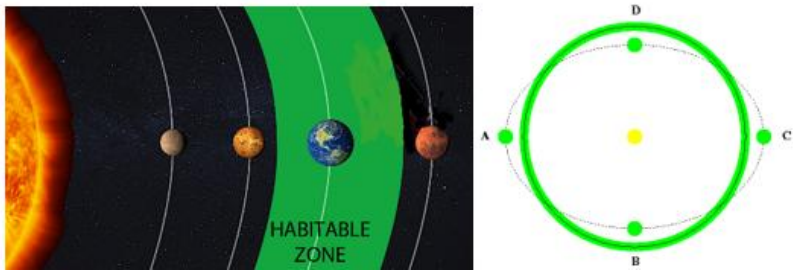
توفّر الأرض التي نعيش عليها العديد من الظروف الدقيقة الضرورية لبقاء الكائنات الحية على قيد الحياة. وهذه الظروف دقيقة للغاية لدرجة أنها غالباً ما تكون بمثابة امتداد للكون الدقيق الضبط.

وفي هذا السياق، سوف نستكشف عشرة ظروف خاصة بالأرض تتسم بالخصوصية والضرورة لدعم الحياة كما نعرفها. تسلط هذه الظروف الضوء على التوازن والدقة الاستثنائية المطلوبة للحفاظ على الكائنات الحية، مما يجعل كوكبنا واحة استثنائية في مساحة الكون الشاسعة. من خلال دراسة هذه السمات الفريدة، يمكننا أن نكتسب تقديراً أعمق للتفاعل المعقد للعوامل التي تمكن الحياة من الازدهار على الأرض.

a. المسافة الصحيحة من الشمس

وجود الماء السائل ضروري للحياة. ولكي يكون هناك ماء سائل، يجب أن يدور الكوكب داخل منطقة محددة حول نجمه المركزي. إذا كان الكوكب قريبًا جدًا من النجم، سيغلي الماء كله، وإذا كان بعيدًا جدًا، سيتجمد الماء كله. يُطلق على نطاق المدارات التي لا يغلي فيها الماء ولا يتجمد اسم "المنطقة الصالحة للسكن". وتتراوح المنطقة الصالحة للسكن في نظامنا الشمسي بين 0.95 AU و1.15 AU (1 AU هي المسافة من الأرض إلى الشمس). وبالتالي، لو كانت الأرض أقرب بنسبة 5% أو أبعد بنسبة 15% من الشمس، لما كنا هنا.

النسبة المئوية للمنطقة الصالحة للسكنى التي تشغل المستوى الكسوفي الممتد إلى نبتون (30 AU) هي 0.05% فقط. كما أن الانحراف المركزي لمدار الأرض هو عامل مهم آخر يؤثر على نطاق المنطقة الصالحة للحياة. على سبيل المثال، إذا كان الانحراف المركزي أكبر من 0.5، فإن كل المياه ستغلي مرتين في السنة بالقرب من الحضيض وتتجمد مرتين في السنة بالقرب من الأفيليون. ولحسن الحظ، يبلغ الانحراف المركزي للأرض 0.017 فقط، مما يؤدي إلى مدار دائري تقريباً.



الشكل 2.1. المنطقة الصالحة للسكن (باللون الأخضر) في النظام الشمسي

b. الميل المحوري الأيمن

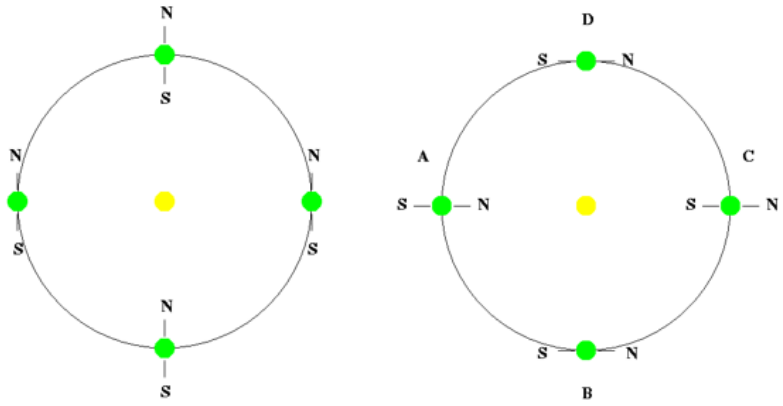
يميل محور دوران الأرض عند حوالي 23.5 درجة. وبسبب ذلك، يمكن أن يكون لدينا أربعة فصول وطقس معتدل. ماذا سيحدث إذا كان محور الدوران غير مائل (0 درجة، راجع الميل المحوري في عطارد= 0.0 درجة) أو مائلاً تماماً (90 درجة، راجع الميل المحوري في أورانوس = 82.2 درجة)؟

لو لم يكن محور دوران الأرض مائلاً، لحدثت عدة تغيرات مهمة من حيث المناخ والفصول وقابلية السكن. فخط الاستواء سيتلقى خط الاستواء أشعة شمس مباشرة وثابتة على مدار العام، مما يؤدي إلى درجات حرارة حارة دائمة. وعلى العكس من ذلك، سيتلقى القطبان دائمًا الحد الأدنى من ضوء الشمس، مما يؤدي إلى برودة دائمة. سيؤثر هذا التباين الحاد في درجات الحرارة بشكل كبير على المناخ العالمي وأنماط الطقس.

وسيكون لغياب الفصول تأثيرات عميقة على النظم الإيكولوجية والزراعة. فقد تصبح المناطق القريبة من خط الاستواء حارة جداً بحيث لا يمكن للعديد من المحاصيل والكائنات الحية أن تزدهر، في حين أن المناطق القطبية ستبقى باردة بشكل غير مضياف. وستصبح خطوط العرض الوسطى هي المناطق الرئيسية الصالحة للسكن، ولكن حتى هذه المناطق ستفتقر إلى التغيرات الموسمية التي تعتمد عليها العديد من النباتات والحيوانات في دورات الحياة والتكاثر.

ستواجه المجتمعات البشرية تحديات خطيرة، بما في ذلك انخفاض الإنتاجية الزراعية وزيادة الضغط على الأراضي الصالحة للسكن. كما يمكن أن يؤدي عدم وجود إشارات موسمية إلى تعطيل الأنشطة الثقافية والاقتصادية التي تعتمد على

تغير الفصول. وعموماً، فإن الأرض غير المائلة ستؤدي إلى بيئة أقل ديناميكية وأقل ملاءمة للحياة.



الشكل 2.2. الميل المحوري للأرض. لا ميل (يسار) وميل 90 درجة (يمين)

إذا كان محور دوران الأرض مائلاً تماماً إلى 90 درجة، فسيكون لذلك آثار عميقة ومثيرة على مناخ الكوكب وبيئته. في هذا السيناريو، سيختبر أحد نصفي الكرة الأرضية ضوء النهار المستمر لنصف السنة بينما سيكون النصف الآخر في ظلام مستمر، ثم ينعكس الوضع في النصف الآخر من السنة.

سيخضع كل نصف كرة لتغيرات موسمية شديدة. فخلال فصل الصيف، يتلقى أحد نصفي الكرة الأرضية أشعة الشمس باستمرار، مما يؤدي إلى فترات طويلة من الحرارة الشديدة وظروف شبيهة بالصحراء. وعلى العكس من ذلك، خلال فصل الشتاء، سيشهد نصف الكرة الأرضية نفسه ظلامًا مستمرًا ودرجات حرارة متجمدة.

ومن شأن التغييرات الجذرية في الضوء ودرجة الحرارة أن تعطل النظم الإيكولوجية بشدة. فالعديد من النباتات والحيوانات تتكيف مع الدورة الموسمية الحالية، ومن شأن هذه التغيرات الشديدة أن تهدد بقاءها.

فالزراعة، التي تعتمد على مواسم يمكن التنبؤ بها، ستتأثر بشكل كبير. وقد تصبح المناطق الصالحة حالياً للزراعة غير صالحة للسكن، مما يؤدي إلى نقص الغذاء والحاجة إلى إجراء تعديلات كبيرة في الممارسات الزراعية.

وعمومًا، فإن المحور المائل تمامًا سيجعل الأرض أقل ملاءمة للحياة بكثير، مما

يخلق ظروفًا بيئية قاسية وغير مستقرة.

c. الدوران الصحيح والفترات المدارية الصحيحة

فترة دوران الأرض هي 24 ساعة مع حوالي 12 ساعة نهاراً و12 ساعة ليلاً. وقد تشكل إيقاعنا الحيوي من خلال فترة دوران الأرض. وتوفر فترة الدوران التي تبلغ 24 ساعة كتلة زمنية مثالية لـ 8 ساعات من العمل و8 ساعات من النوم و8 ساعات من وقت الفراغ. ومع ذلك، لا تتمتع جميع الكواكب في النظام الشمسي بفترة دوران مثالية. على سبيل المثال، تبلغ فترة دوران المشتري حوالي 10 ساعات بينما تبلغ فترة دوران كوكب الزهرة 243 يومًا.

إذا تم تقصير فترة دوران الأرض إلى 10 ساعات، فإن ذلك سيؤثر بشكل كبير على بيئة الكوكب والحياة على كوكب الأرض. سيؤدي الدوران الأسرع إلى تقصير فترة النهار والليل، مما يؤدي إلى تناوب سريع بين ضوء النهار والظلام. وقد يؤدي ذلك إلى تعطيل إيقاعات الساعة البيولوجية للعديد من الكائنات الحية، مما يؤثر على أنماط النوم وسلوكيات التغذية ودورات التكاثر .

ومن شأن زيادة سرعة الدوران أن تؤدي أيضًا إلى تأثيرات كوريوليس أقوى، مما يؤدي إلى تكثيف أنماط الطقس وربما التسبب في عواصف وأعاصير أكثر شدة. كما يمكن أن يؤثر الدوران الأسرع على النشاط التكتوني للأرض. وقد تؤدي زيادة قوة الطرد المركزي إلى زلازل وثورات بركانية أكثر تواتراً وشدة.

من ناحية أخرى، إذا كانت فترة دوران الأرض 243 يومًا كما هو الحال في كوكب الزهرة، فإن العواقب على الكوكب وسكانه ستكون وخيمة. فمثل هذا الدوران البطيء سيعني أياماً وليالي طويلة للغاية، يستمر كل منها حوالي 120 يوماً.

فالجانب المواجه للشمس سيواجه حرارة مطولة، مما يؤدي إلى درجات حرارة حارقة، في حين أن الجانب المواجه للشمس سيتحمل ظلامًا طويلًا وبرودة شديدة، مما قد يؤدي إلى التجمد. ستجعل درجات الحرارة القصوى هذه من الصعب على معظم أشكال الحياة البقاء على قيد الحياة. ستؤدي فترات التدفئة والتبريد الطويلة إلى تعطيل دوران الغلاف الجوي، مما قد يتسبب على الأرجح في أنماط مناخية متطرفة. يمكن أن تصبح الأعاصير والعواصف الهائلة وحالات الجفاف أو الفيضانات

المطولة أمراً شائعاً.

من شأن الفترات الطويلة من ضوء النهار والظلام أن تعطل بشدة دورات حياة النباتات والحيوانات، مما يؤثر على عملية البناء الضوئي والتكاثر وأنماط التغذية.

ستحتاج الأنشطة البشرية والزراعة والبنية التحتية إلى تكييف كبير للتكيف مع الظروف القاسية والمتغيرة، مما يشكل تحديًا هائلًا للبقاء والحياة اليومية.

الفترة المدارية للأرض مهمة أيضًا لبقاء الإنسان على قيد الحياة. وتبلغ الفترة المدارية للأرض 365 يومًا مع 3 أشهر لكل من الربيع والصيف والخريف والشتاء. طول كل فصل متوازن بشكل جيد، مما يضمن عدم وجود فصل قصير جدًا أو طويل جدًا. وهذا التوازن أمر بالغ الأهمية للدورات الزراعية ونمو النباتات وتوقيت هجرات الحيوانات والعمليات البيئية الأخرى.

ماذا يحدث إذا كان للأرض فترة مدارية قصيرة مثل 88 يومًا مثل عطارد؟ في هذا السيناريو، سيستمر كل موسم حوالي 3 أسابيع فقط. تتطلب معظم المحاصيل على الأرض من 6 إلى 9 أشهر من البذر في الربيع إلى الحصاد في الخريف. ولكن، مع تغير المواسم كل 3 أسابيع، لن يكون لدى المحاصيل وقت كافٍ للنضوج، مما يؤدي إلى نقص خطير في الغذاء ويؤثر بشكل مباشر على بقاء الإنسان على قيد الحياة.

وعلى العكس من ذلك، ماذا يحدث إذا كان للأرض فترة مدارية طويلة مثل 164 سنة، على غرار نبتون؟ سيستمر كل فصل حوالي 40 سنة. سيؤدي الصيف المطول إلى موجات حر ممتدة وموجات تصحر محتملة، في حين أن الشتاء الممتد سيؤدي إلى فترات طويلة من البرد والجليد، مما يؤثر على الزراعة والنظم البيئية. وفي حين قد يتكيف البشر لتجنب نقص الغذاء، فإن الحيوانات البرية ستكافح للعثور على الطعام خلال فصل شتاء يمتد لأربعين عاماً. ستجعل الظروف القاسية المطولة من المستحيل تقريباً على معظم الحيوانات البرية البقاء على قيد الحياة، مما يؤدي إلى انقراض واسع النطاق.

d. الحجم المناسب

ربما لم تفكر في ذلك، لكن حجم الأرض أمر بالغ الأهمية لبقاء البشر على قيد الحياة. فحجم الكوكب يؤثر على جاذبيته، التي تؤثر بدورها على كل شيء بدءًا من الاحتفاظ بغلاف جوي يحافظ على الحياة إلى القدرة على دعم المسطحات المائية

المستقرة والحفاظ على مجال مغناطيسي وقائي.

إذا كانت الأرض بنصف حجمها الحالي، فإن الجاذبية ستنخفض إلى نصف حجمها الحالي. وسيكون لانخفاض الجاذبية تأثيرات كبيرة وربما مدمرة على قدرة الكوكب على دعم الحياة. قد لا تكون الجاذبية المنخفضة قوية بما يكفي للاحتفاظ بغلاف جوي كثيف. ومن شأن هذا الغلاف الجوي الأرق أن يوفر حماية أقل من الإشعاع الشمسي الضار والنيازك وقد لا يدعم أنماط الطقس المستقرة اللازمة للحياة.

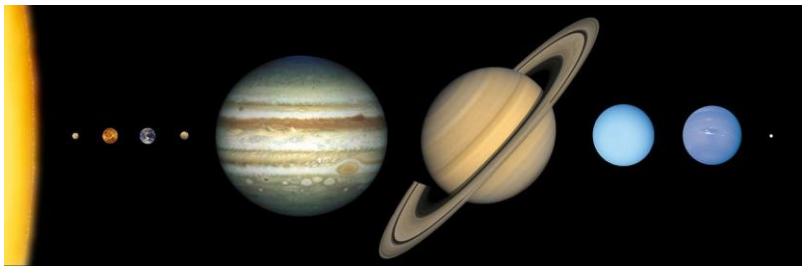
ومن شأن انخفاض الجاذبية أن يؤثر أيضًا على احتباس المياه السائلة، مما يؤدي إلى زيادة معدلات التبخر وربما فقدان المياه السطحية بمرور الوقت. وهذا من شأنه أن يجعل من الصعب الحفاظ على المحيطات والأنهار والبحيرات، والتي تعتبر ضرورية لدعم النظم الإيكولوجية المتنوعة والحضارة البشرية.

بالإضافة إلى ذلك، سيكون للأرض الأصغر حجمًا مجال مغناطيسي أقل، مما يوفر حماية أقل من الرياح الشمسية. ويمكن أن يؤدي ذلك إلى تجريد الغلاف الجوي وتعريض السطح بشكل أكبر للإشعاع الكوني والشمسي الضار، مما يجعل الكوكب أقل ملاءمة للبشر وأشكال الحياة الأخرى.

إذا كان حجم الأرض ضعف حجمها الحالي، فإن التأثيرات على الجاذبية وسرعة الهروب ستكون كبيرة وسيكون لها آثار عميقة على الحياة على الكوكب. ستزداد الجاذبية مما سيجعل كل شيء على الأرض أثقل، وستتضاعف سرعة الهروب أيضًا. ومن شأن هذه الجاذبية المتزايدة أن تجعل الحركة أكثر مشقة بالنسبة للبشر والكائنات الحية الأخرى، مما قد يؤدي إلى مزيد من الإجهاد البدني والتكيف مع مرور الوقت.

ومن شأن الجمع بين زيادة الجاذبية وسرعة الهروب أن يؤثر أيضاً على الغلاف الجوي. ومن شأن الجاذبية الأقوى أن تحتفظ بالمزيد من الغازات، بما في ذلك الغازات السامة مثل الميثان والأمونيا، على غرار الغلاف الجوي لزحل والمشتري. ويمكن أن تتراكم هذه الغازات إلى مستويات ضارة، مما يخلق بيئة سامة غير مناسبة لمعظم أشكال الحياة.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤثر زيادة الجاذبية على العمليات الجيولوجية، مما يؤدي إلى نشاط بركاني أكثر كثافة وجبال أعلى. وبشكل عام، فإن الأرض الأكبر حجماً مع زيادة الجاذبية وسرعة الهروب من شأنها أن تشكل تحديات كبيرة لبقاء الحياة، مما قد يؤدي إلى بيئة أكثر عدائية وغير مستقرة.



الشكل 2.3. مقارنة بين أحجام الكواكب في المجموعة الشمسية

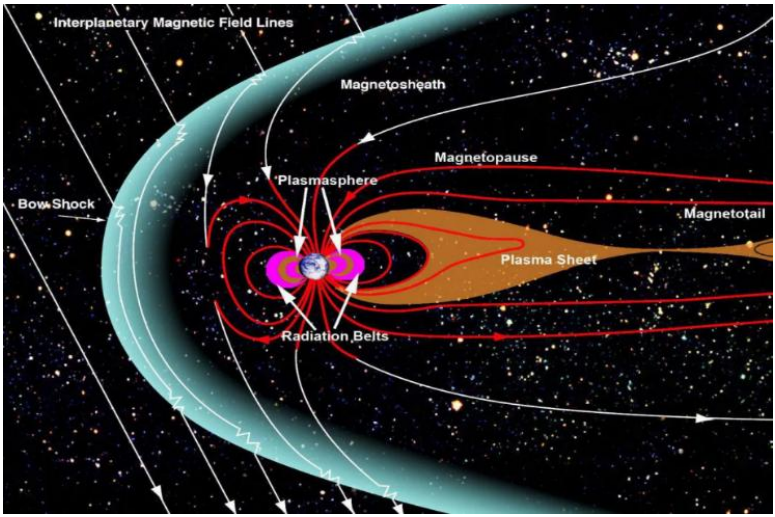
e. وجود الغلاف المغناطيسي

يحيط بالأرض نظام من المجالات المغناطيسية يُعرف باسم الغلاف المغناطيسي الذي يحمي الكوكب من الإشعاع الشمسي والكوني الضار. هذا الدرع الواقي ضروري للحفاظ على الحياة على الأرض. ولكي يكون هناك غلاف مغناطيسي، هناك عاملان ضروريان: سرعة الدوران المناسبة ووجود نواة خارجية سائلة معدنية سائلة. ولحسن الحظ، تمتلك الأرض كلاهما. يستحث دوران الكوكب حركة السوائل (الحمل الحراري) داخل اللب الخارجي السائل، مما يولد مجالات مغناطيسية قوية تشكل الغلاف المغناطيسي.

ماذا سيحدث إذا لم يكن لدينا غلاف مغناطيسي؟ إذا لم يكن للأرض غلاف مغناطيسي فإن العواقب على الكائنات الحية والغلاف الجوي ستكون وخيمة. فبدون هذا الدرع الواقي، كان الإشعاع الشمسي والكوني الضار سيقصف الكوكب، مما يزيد بشكل كبير من خطر الإصابة بالسرطان والطفرات الجينية في الكائنات الحية. وبالإضافة إلى ذلك، يساعد الغلاف المغناطيسي على منع فقدان الغلاف الجوي عن طريق انحراف الجسيمات المشحونة من الرياح الشمسية. وبدونها، ستؤدي هذه الجسيمات إلى تجريد الغلاف الجوي بمرور الوقت عن طريق عملية التآكل، مما يؤدي إلى استنزاف الغازات الأساسية مثل الأكسجين والنيتروجين. ومن شأن هذا التآكل في الغلاف الجوي أن يؤدي إلى تآكل الغلاف الجوي وانخفاض الضغط السطحي والتغيرات الشديدة في درجات الحرارة، مما يجعل الأرض أقل ملاءمة للحياة.

وتبلغ قوة المجال المغناطيسي على المريخ حوالي 0.01% من المجال المغناطيسي للأرض. وبسبب ضعف المجال المغناطيسي، لم يكن من الممكن تشكيل الغلاف

المغناطيسي العالمي على المريخ ونتيجة لذلك تمت إزالة معظم الهواء عن طريق عملية الاخرق.



الشكل 2.4. يحرف الغلاف المغناطيسي للأرض الأشعة الكونية الضارة

تتقارب خطوط المجال المغناطيسي للغلاف المغناطيسي عند القطبين بالقرب من القطبين القطبيين في القطب الشمالي والقطب الجنوبي، مما يتسبب في إضعاف طبيعي لقوة المجال المغناطيسي. ويمكن أن يؤدي ذلك إلى زيادة التعرض للإشعاع الشمسي في هذه المناطق. وتعمل الجسيمات المشحونة عالية الطاقة على تأيين وإثارة الذرات في الغلاف الجوي العلوي وتنتج الشفق القطبي الشمالي والشفق القطبي الجنوبي

f. وجود قمر كبير بشكل استثنائي

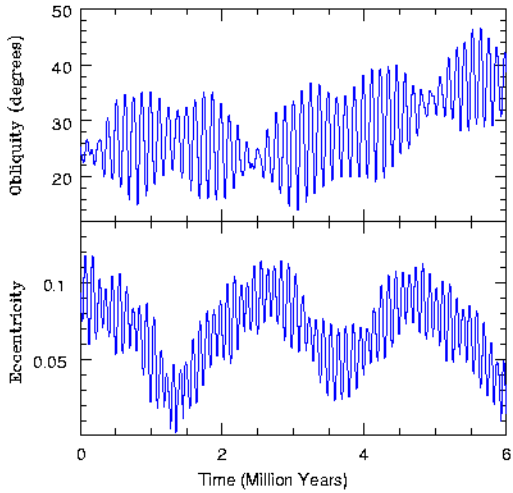
تمتلك الأرض قمرًا كبيرًا بشكل استثنائي مقارنة بالكواكب الأخرى. من بين الكواكب الأرضية، الأرض والمريخ وحدهما يمتلكان أقمارًا. فلدى المريخ قمران صغيران هما فوبوس وديموس، اللذان سُمّيا على اسم شخصيتين توأمين من الأساطير الإغريقية، ويبلغ قطرهما 22.2 كم و12.6 كم على التوالي. وفي تناقض

صارخ، يبلغ قطر قمر الأرض 3475 كم، مما يجعله أكبر بكثير من أقمار المريخ.

يؤدي وجود قمر كبير دورين مهمين في دعم بقاء الإنسان على قيد الحياة: 1) تثبيت محور دوران الأرض و2) الحفاظ على النظم الإيكولوجية البحرية.

بدون القمر، ستكون أكبر قوى الجاذبية المؤثرة على الأرض من الشمس والمشتري. وبما أن الأرض تدور حول الشمس، فإن درجات متفاوتة من قوة الجاذبية من الشمس والمشتري ستؤدي إلى زعزعة استقرار محور دوران الأرض. إذا تذبذب محور دوران الأرض بشكل كبير، فسوف نشهد تغيرات مناخية خطيرة، كما نوقش في القسم السابق.

في الواقع، على مدى الستة ملايين سنة الماضية، شهد المريخ تغيرات كبيرة في محور دورانه وغرابة مركزه كل 150,000 سنة تقريباً بسبب غياب قمر كبير مثبّت. وخلال هذه الفترة، تراوح محور الدوران بين 15 و45 درجة، في حين أن الانحراف المركزي تراوح بين 0 و0.11.



الشكل 2.5. محور الدوران وتغيّرات الانحراف في المريخ

ينتج المد والجزر في المحيطات بشكل رئيسي عن قوة جاذبية القمر. يمد المد والجزر العوالق الطافية بالأكسجين ويوزعها على مساحات واسعة، حيث تستهلكها

الأسماك الصغيرة. كما أن المد والجزر يمزج المياه العذبة الغنية بالمغذيات مع المياه المالحة، ويوصل هذه المغذيات إلى العوالق والأسماك الصغيرة. وبدون المد والجزر، لن تختلط المياه العذبة الغنية بالمغذيات مع المياه المالحة، مما يؤدي إلى تكاثر الطحالب التي لا يمكن السيطرة عليها. إذا كانت الطحالب تحتوي على سموم، فإن هذه الطحالب ستنتج المد الأحمر أو تكاثر الطحالب الضارة (HABs)، والتي يمكن أن تقتل الأسماك والطيور البحرية والثدييات وحتى البشر. حتى إذا كانت الطحالب غير سامة، فإنها تستهلك كل الأكسجين الموجود في الماء أثناء تحللها، مما يؤدي إلى انسداد خياشيم الأسماك والحياة البحرية الأخرى. لو لم يكن هناك قمر، لكان النظام البيئي البحري قد دُمر منذ فترة طويلة. بالإضافة إلى ذلك، لن يكون لدينا مأكولات بحرية، بما في ذلك جراد البحر والروبيان والسوشي.

ومع ذلك، حتى لو كان للأرض قمر أصغر أو أكبر من حجمها الحالي، أو إذا كان موقعها أبعد أو أقرب من موقعها الحالي، فقد نظل نواجه مشاكل مماثلة.

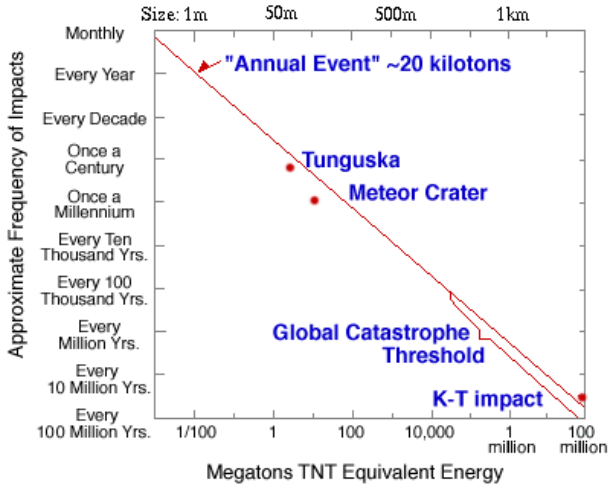
الشكل 2.6. المد الأحمر

g. وجود كوكب المشتري، حارس الأرض

كوكب المشتري هو أكبر كوكب في المجموعة الشمسية، فهو أكبر من الأرض 11.2 مرة وأثقل من الأرض 318 مرة. وجود المشتري مهم لبقائنا على قيد الحياة. تتعرض الأرض للقصف المستمر من النيازك (معظمها كويكبات محطمة وشظايا المذنبات). ويبلغ معدل تواتر سقوط النيازك مترًا واحدًا كل ساعة، وبضعة أمتار

بحجم متر واحد مرة كل ساعة، وبضعة أمتار بحجم بضعة أمتار مرة كل يوم، وبضعة أمتار إلى 10 أمتار بحجم بضعة أمتار مرة كل سنة، وبضعة أمتار بحجم عشرة أمتار كل عقد من الزمن، وبضعة أمتار بحجم عشرة أمتار إلى 100 متر مرة كل قرن.

عندما تدخل النيازك التي يقل ارتفاعها عن 10 أمتار إلى الغلاف الجوي، يحترق معظمها بسبب الاحتكاك والضغط الجوي. أما إذا كانت أكبر من 10 أمتار، فيمكن أن تحدث أحداث كارثية. ففي عام 1908، انفجر نيزك بحجم 55 مترًا تقريبًا على ارتفاع يتراوح بين 5 و10 كيلومترات في منطقة تونغوسكا وسوّى حوالي 80 مليون شجرة بالأرض على مساحة 2150 كيلومترًا[2]. ويعد حدث تونجوسكا هذا أكبر حدث ارتطام على الأرض في التاريخ المسجل.



الشكل 2.7. حجم وتواتر سقوط النيازك على الأرض

الشكل 2.8. أشجار أطاح بها نيزك سقط على تونجوسكا

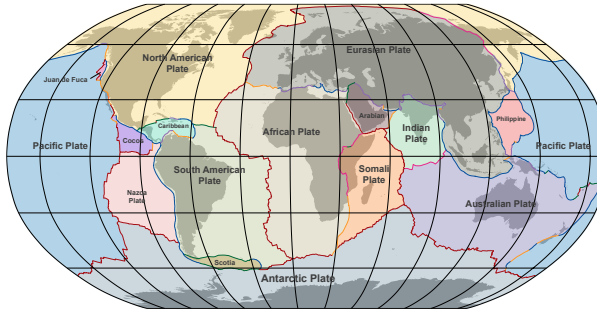
إن كوكب المشتري حيوي لأنه يعمل كمكنسة كونية تلتقط النيازك والمذنبات التي قد تصطدم بالأرض وتتسبب في أحداث كارثية مثل حدث تونغوسكا. تشير عمليات المحاكاة إلى أن المشتري أكثر فعالية في التقاط المذنبات بحوالي 5000 مرة من الأرض. وقد حدث برهان بارز على ذلك في عام 1994 عندما التقط المشتري المذنب شوميكر-ليفي 9 المجزأ، والذي كان حجمه يقدر بحوالي 1.8 كم. لو كان هذا المذنب قد اصطدم بالأرض بدلاً من ذلك، كان من الممكن أن يرسل الغبار والحطام إلى الغلاف الجوي، مما يحجب ضوء الشمس. يمكن أن يستمر هذا الحجب لفترة طويلة بما يكفي لقتل جميع أشكال الحياة النباتية، مما يؤدي إلى انقراض البشر والحيوانات التي تعتمد على النباتات للبقاء على قيد الحياة.

الشكل 2-9. شوميكر-ليفي 9 المجزأ وتأثيره على المشتري

h. وجود الصفائح التكتونية

نظرية الصفائح التكتونية هي النظرية التي تصف الحركة واسعة النطاق للغلاف

الصخري للأرض، الذي انقسم إلى عدة صفائح تكتونية كبيرة بواسطة حركات الحمل الحراري للوشاح. تفسر هذه النظرية العديد من الظواهر الجيولوجية، بما في ذلك حركة القارات وتكوين الجبال والزلازل والنشاط البركاني.



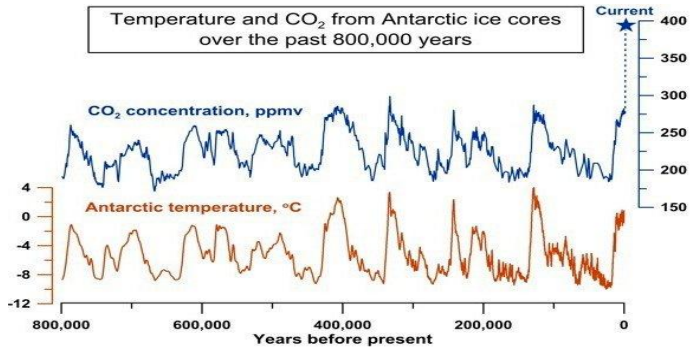
الشكل 2.10. الصفائح التي تتكون منها القشرة الأرضية

تلعب الصفائح التكتونية دوراً حاسماً في مختلف جوانب أنظمة الأرض التي تؤثر بشكل مباشر وغير مباشر على بقاء الإنسان. وأحد أهم جوانب الصفائح التكتونية هو التنظيم التلقائي لمناخ الأرض عبر دورة الكربون.

يتحدد مناخ الأرض بشكل أساسي من خلال الإشعاع الشمسي الوارد، والبياض لسطح الأرض، وتكوين الغلاف الجوي. ومن بين هذه العوامل، يكون الإشعاع الشمسي الوارد ثابتًا تقريبًا لفترة طويلة. والبياض هو نسبة الإشعاع الوارد إلى الإشعاع المنعكس. يتم امتصاص جزء كبير من الإشعاع المنعكس من سطح الأرض بواسطة جزيئات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الغلاف الجوي. ويسخّن الإشعاع الممتص جزيئات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ويعيد إشعاعه في جميع الاتجاهات، ويعود نصفه تقريبًا إلى الأرض كحرارة. تزيد هذه الطاقة الحرارية المحتبسة من متوسط درجة حرارة سطح الأرض، وهو ما يُعرف بتأثير الاحتباس الحراري.

ودورة الكربون هي العملية التي يتم من خلالها تبادل الكربون بين الغلاف الجوي والمحيطات والتربة والمعادن والصخور والنباتات والحيوانات، وهي عملية حاسمة لتنظيم مناخ الأرض. ويدخل الكربون إلى الغلاف الجوي في صورة ثاني أكسيد الكربون $_2$ من التنفس والاحتراق والانفجارات البركانية. تمتص النباتات غاز ثاني أكسيد الكربون $_2$ أثناء عملية التمثيل الضوئي وتحوله إلى مادة عضوية تستهلكها الحيوانات وتطلقها مرة أخرى في الغلاف الجوي من خلال التنفس والتحلل. وفي المحيطات، يتم إذابة ثاني أكسيد الكربون $_2$ واستخدامه من قبل الكائنات البحرية لتكوين قشور كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$). عندما تموت هذه الكائنات الحية، تتراكم قشورها في قاع المحيط، مكونة صخورًا رسوبية.

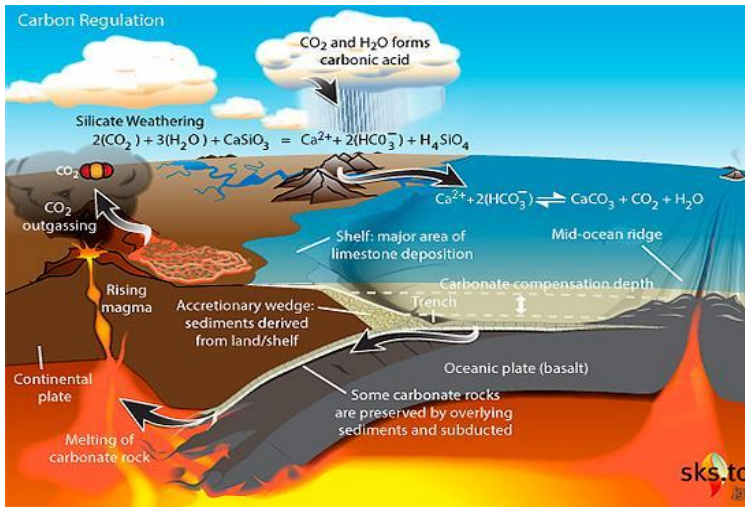
كما أن تجوية الصخور على اليابسة تمتص CO_2 ، مكونة الكربونات التي يتم غسلها في المحيطات. تعتمد عملية التجوية هذه على درجة الحرارة. إذا كان هناك الكثير من ثاني أكسيد الكربون $_{(2)}$في الغلاف الجوي وزيادة درجة الحرارة بسبب تأثير الاحتباس الحراري، فإن عملية التجوية تزداد وتمتص المزيد من ثانيأكسيد الكربون $_2$. إذا تمت إزالة ثانيأكسيد الكربون$_2$الموجود في الغلاف الجوي، ستنخفض درجة حرارة الأرض. إذا انخفضت درجة حرارة الأرض، تنخفض عملية التجوية وتقل عملية التجوية ويقل ثانيأكسيد الكربون$_{(2)}$ في الغلاف الجوي. إذا حدث ذلك، فإن ثانيأكسيد الكربون $_2$المتراكم ينتج عنه المزيد من تأثير الاحتباس الحراري ويزيد من درجة الحرارة. وتسمى هذه العملية "دورة تجوية صخور ثاني أكسيد الكربون". وعلى مدى المقاييس الزمنية الجيولوجية، يمكن للنشاط التكتوني أن يدفع هذه الصخور الغنية بالكربون إلى وشاح الأرض من خلال الاندساس. ثم يتم إطلاق الكربون مرة أخرى إلى الغلاف الجوي عن طريق الانفجارات البركانية، لتكتمل الدورة. وتنظّم دورة تجوية الصخور بثاني أكسيد الكربون المعتمدة على درجة الحرارة تلقائيًا درجة حرارة الأرض على مدى المقاييس الزمنية الجيولوجية. ويوضح الشكل أدناه كيفية عمل هذه الدورة على مدى ال 800,000 سنة الماضية. عندما تزداد كمية ثاني أكسيد الكربون، تزداد درجة حرارة الأرض، وعندما تنخفض كمية ثاني أكسيد الكربون، تنخفض درجة حرارة الأرض.



الشكل 2.11. الارتباط بين ثانيأكسيد الكربون $_2$ودرجة الحرارة

ومع ذلك، فإن دورة تجوية صخور ثاني أكسيد الكربون لا تعمل إذا لم يكن هناك تكتونية الصفائح. وفي مثل هذه الحالة، لن يتم إعادة تدوير ثاني أكسيد الكربون

المتراكم وبالتالي سيقل تأثير الاحتباس الحراري. إذا لم يكن هناك تأثير الاحتباس الحراري، ستنخفض درجة حرارة الأرض بسرعة، وستتجمد جميع المياه. إذا تجمدت جميع المياه، ستنعكس الطاقة الشمسية القادمة بسبب البياض الكبير وستدخل الأرض في نهاية المطاف في عصر جليدي لا رجعة فيه.



الشكل 2.12. إعادة تدوير ثاني أكسيد الكربون بواسطة الصفائح التكتونية

تشير الأبحاث الحديثة حول الصفائح التكتونية إلى أنه لو كانت الأرض أكبر أو أصغر بنسبة 20% مما هي عليه اليوم، أو لو كانت القشرة الأرضية تحتوي على معادن أكثر قليلاً مثل الحديد والنيكل، أو لو كانت القشرة أكثر سمكاً، لما كانت الصفائح التكتونية تعمل كما هي عليه الآن.

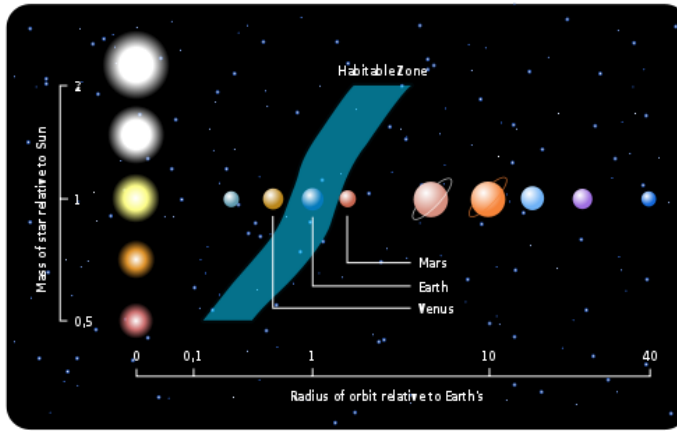
وبشكل عام، تعد الصفائح التكتونية عملية أساسية تدعم الحياة من خلال الحفاظ على الاستقرار الجيولوجي والبيئي للأرض.

i. الحجم الصحيح للشمس

يختلف حجم المنطقة الصالحة للسكنى (HZ) لكوكب ما اعتمادًا على حجم ونوع نجمه المركزي.

بالنسبة للنجوم الصغيرة، مثل الأقزام الحمراء، يكون HZ قريبًا من النجم لأن النجم يبعث ضوءًا وحرارة أقل. وهذا يجعل نطاق HZ أضيق من النطاق حول الشمس. ونظراً لقربه، يمكن أن يصبح الكوكب الموجود في المنطقة الصالحة للسكنى في القزم الأحمر محبوساً مدارياً، تماماً مثل قمرنا بالنسبة للأرض. إذا حدث ذلك، لن يتمكن الكوكب من توليد مجال مغناطيسي وتشكيل غلاف مغناطيسي بسبب بطء دورانه. وبدون غلاف مغناطيسي، يمكن أن يصل الإشعاع الضار من النجم إلى سطح الكوكب بحرية، مما يؤدي إلى إتلاف الخلايا والحمض النووي. بالإضافة إلى ذلك، سيعاني الجانب النهاري من ضوء النهار المستمر والحرارة الشديدة، بينما سيبقى الجانب الليلي في ظلام دائم وبرودة شديدة.

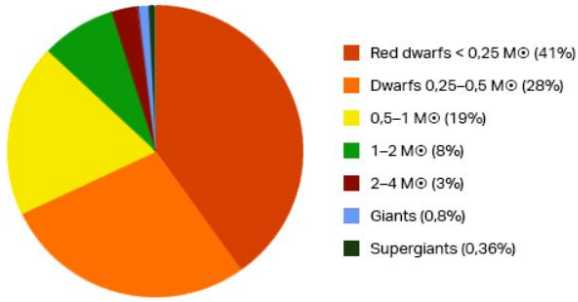
بالنسبة للنجوم الكبيرة، مثل النجوم العملاقة الزرقاء أو الحمراء، تكون منطقة HZ أبعد بكثير من النجم. ومع ذلك، تواجه الكواكب في هذه المناطق تحديات كبيرة. فالنجوم العملاقة تتطور بسرعة بسبب كتلتها العالية، حيث تحترق بسرعة من خلال الهيدروجين الخاص بها، وتتوسع لتصبح عمالقة حمراء، وتخضع لمراحل متعددة من الاندماج حتى تشكل نواة حديدية. تنهار هذه النواة في نهاية المطاف، مما يؤدي إلى انفجار سوبرنوفا ويترك وراءه إما نجم نيوتروني أو ثقب أسود. يبلغ العمر النموذجي للنجوم العملاقة بضعة ملايين من السنين فقط، مما يعني أنه قبل أن ينفجر النجم إلى مستعر أعظم، سيحتاج أي سكان كوكب في منطقة هرتز إلى إيجاد كوكب آخر مناسب للهجرة إليه من أجل بقائهم على قيد الحياة. بالإضافة إلى ذلك، تنبعث من النجوم العملاقة مستويات عالية من الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية، والتي يمكن أن تكون ضارة للحمض النووي والخلايا، مما يجعل البيئات السطحية للكواكب داخل المنطقة الحرارية أقل ملاءمة للحياة. وعلاوة على ذلك، يمكن أن تُظهر النجوم العملاقة تبايناً كبيراً في إنتاجها للطاقة، مما يؤدي إلى مناخات غير مستقرة على الكواكب التي تدور حولها. ويمكن أن يسبب عدم الاستقرار هذا تقلبات شديدة في درجات الحرارة، مما يجعل من الصعب على الحياة البقاء على قيد الحياة.



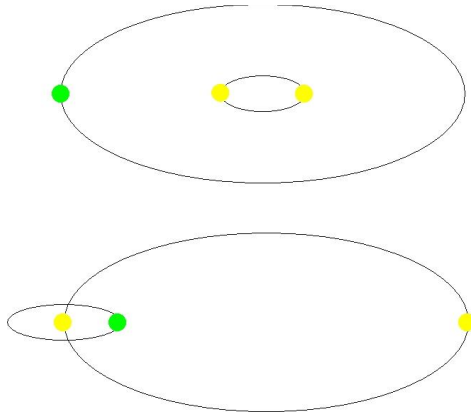
الشكل 2.13. التغيرات في المناطق الصالحة للحياة مع حجم النجم

توفر المناطق الصالحة للسكن (HZ) حول النجوم الشبيهة بالشمس العديد من المزايا. حيث تتمتع هذه النجوم بإنتاج طاقة مستقر نسبياً على مدى فترات طويلة، مما يوفر ضوءاً وحرارة ثابتين للكواكب في مناطقها الصالحة للسكن. يدعم هذا الاستقرار تطور مناخات وأنظمة بيئية مستقرة. تقع المنطقة الصالحة للسكن حول النجوم الشبيهة بالشمس على مسافة معتدلة، لا قريبة جداً ولا بعيدة جداً من النجم. يعتبر الطيف الضوئي الصادر عن النجوم الشبيهة بالشمس مثاليًا لعملية التمثيل الضوئي، مما يسمح للنباتات والكائنات الحية الأخرى التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي بتحويل ضوء الشمس بكفاءة إلى طاقة، مما يشكل قاعدة السلسلة الغذائية المستدامة. بالإضافة إلى ذلك، تتمتع النجوم الشبيهة بالشمس عمومًا بمستويات أقل من النشاط النجمي الضار مقارنة بالنجوم الأصغر مثل الأقزام الحمراء. إن التوهجات الأقل والنشاط المغناطيسي الأقل كثافة يعني أن الكواكب في المنطقة الصالحة للسكنى أقل تعرضاً للإشعاع الضار وتجريد الغلاف الجوي.

إن النسبة المئوية للنجوم الشبيهة بالشمس ليست سوى نسبة قليلة من النجوم، حيث أن معظم النجوم أصغر وأخف وزنًا من الشمس. الشمس هي نجم واحد، لكن حوالي 50% إلى 60% من النجوم هي أنظمة ثنائية أو متعددة النجوم. تكون المنطقة الصالحة للسكن في الأنظمة النجمية المتعددة أكثر تقييدًا بسبب المدارات المعقدة والإضاءة المتغيرة واضطرابات الجاذبية ومستويات الإشعاع المحتملة.



الشكل 2.14. التوزيع الكتلي للنجوم



الشكل 2-15. المدار الدائري (في الأعلى) والمدار الدائري الابتدائي أو المدار الدائري الثاني (في الأسفل) في الأنظمة الثنائية

j. المسافة الصحيحة من مركز المجرة

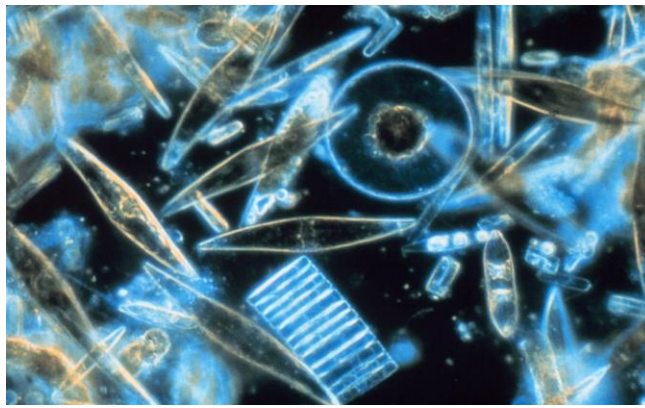
تمامًا مثل منطقة HZ في نظامنا الشمسي، توجد منطقة مجرة صالحة للسكن (GHZ) داخل المجرة حيث تكون الظروف ملائمة أكثر للحياة. وتشمل الشروط المطلوبة لمنطقة GHZ: المعدنية، والكثافة النجمية، ومستويات الإشعاع، والبيئات المدارية.

تحتاج منطقة GHZ إلى تركيز مثالي من العناصر الثقيلة (العناصر الأثقل من

الهيليوم) اللازمة لتكوين الكواكب الأرضية والجزيئات العضوية. وفي حين أن العناصر الفلزية أكثر وفرة في مركز المجرة، لا يمكن اعتبار هذه المنطقة منطقة مواتية لمنطقة الهيدروجين الأرضية بسبب كثافتها النجمية العالية، التي تسبب انفجارات المستعر الأعظم المتكررة، وانفجارات أشعة غاما (GRBs)، وغيرها من الأحداث عالية الطاقة.

من المحتمل أن يكون لانفجار أشعة غاما الذي يحدث في نطاق 10000 سنة ضوئية من الأرض آثار مدمرة على الغلاف الجوي للكوكب والمناخ والمحيط الحيوي. وستشمل الآثار الفورية زيادة الأشعة فوق البنفسجية بسبب تدمير طبقة الأوزون بنسبة 40% تقريباً، في حين أن الآثار طويلة الأجل قد تنطوي على تغيرات مناخية كبيرة وانقراضات جماعية. سيشكل مثل هذا الحدث تهديدًا خطيرًا للحضارة البشرية والعالم الطبيعي. ومن شأن تدمير 40% من طبقة الأوزون أن يسمح للأشعة فوق البنفسجية المتزايدة بإتلاف الحمض النووي 16 مرة أكثر. العوالق النباتية، وهي أساس الشبكة الغذائية البحرية، حساسة بشكل خاص للأشعة فوق البنفسجية. ويمكن أن يؤدي التعرض المتزايد للأشعة فوق البنفسجية إلى تثبيط نموها وتكاثرها، مما يؤدي إلى انخفاض أعداد العوالق النباتية. وتلعب العوالق النباتية دورًا حاسمًا في دورة الكربون من خلال امتصاص ثاني أكسيد الكربون $_2$ أثناء عملية البناء الضوئي. ومن شأن انخفاض العوالق النباتية أن يقلل من احتجاز الكربون هذا، مما قد يؤدي إلى تفاقم تراكم ثاني أكسيد الكربون (2) في الغلاف الجوي وتعزيز تأثير الاحتباس الحراري.

هناك بعض الأدلة على أن أحداث الانقراض الجماعي السابقة على الأرض يمكن أن تكون قد حدثت بسبب بطاريات البرق الجليدية القريبة. فعلى سبيل المثال، افترض بعض العلماء أن حدث الانقراض في العصر الأوردوفيشي-السيلوري قبل حوالي 450 مليون سنة قد تأثر بظاهرة الانقراض الجماعي التي حدثت على بعد 6000 سنة ضوئية من الأرض.



الشكل 2.16. العوالق النباتية

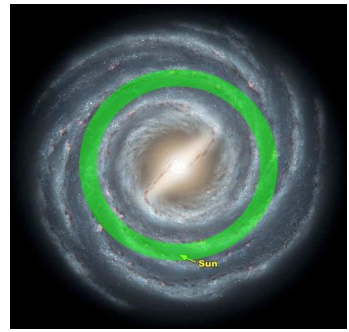
هناك مشكلة أخرى تواجهنا في مركز المجرة وهي اللقاءات القريبة المتكررة مع النجوم الأخرى. تسبب هذه اللقاءات القريبة اضطرابات جاذبية كبيرة يمكن أن تزعزع استقرار المدارات ومحاور دوران الكواكب داخل الأنظمة الكوكبية. يمكن أن تؤدي هذه الاضطرابات إلى تقاطعات مدارية أو تصادمات أو قذف من النظام. كما يمكن أن يؤدي تأثير جاذبية النجوم القريبة إلى اضطراب مدارات الأجسام الموجودة في سحابة أورت وحزام كويبر، مما يؤدي إلى إرسال عدد أكبر من المذنبات والكويكبات إلى داخل النظام الشمسي. وهذا من شأنه أن يزيد من احتمالية حدوث ارتطامات على الكواكب، بما في ذلك الأرض.

وتتميز ضواحي المجرة بكثافة نجمية منخفضة ولا تعاني من هذه المشاكل، ولكن هناك مشكلة واحدة حاسمة. انخفاض معدل انفجار المستعرات العظمى. ويؤدي ذلك إلى وسط بين نجمي يفتقر إلى عناصر معدنية كافية لتكوين كواكب أرضية، مما يجعل ضواحي المجرة غير مواتية لتكوين كواكب أرضية.

المنطقة المواتية لمنطقة GHZ هي المنطقة التي توجد فيها عناصر ثقيلة كافية لتكوين الكواكب، وعدد أقل من المستعرات العظمى وغيرها من الأحداث الخطرة لتوفير بيئات آمنة للحياة، ومناطق أقل ازدحاماً لمدارات الكواكب المستقرة. وبالإضافة إلى ذلك، توجد منطقة تتطابق فيها السرعة المدارية للنجوم مع سرعة نمط الأذرع الحلزونية للمجرة، والمعروفة باسم نصف قطر الالتفاف. وضمن نصف قطر الالتفاف، تواجه النجوم وأنظمتها الكوكبية تفاعلات جاذبية أقل اضطراباً مع

الأذرع الحلزونية، مما يعزز احتمال استمرار الظروف الصالحة للحياة.

وبالنظر إلى كل هذه الظروف، تقع GHZ بين 23000 و29000 سنة ضوئية من مركز المجرة. وبالمصادفة، يبعد نظامنا الشمسي 26000 سنة ضوئية عن مركز المجرة ويقع في مركز GHZ.



الشكل 2.17. المناطق الصالحة للسكن في المجرة

استكشفنا في هذا الفصل عشرة ظروف فريدة واستثنائية تجعل من الأرض كوكبًا استثنائيًا. هذه الظروف متوازنة بشكل معقد ومضبوطة بدقة لدرجة أن احتمال حدوثها بالصدفة العشوائية منخفض بشكل فلكي. إن الدقة المطلوبة لبعد الأرض عن الشمس وميلها المحوري وفترة دورانها ومجالها المغناطيسي وغلافها الجوي وعوامل حرجة أخرى تخلق بيئة قادرة بشكل فريد على دعم الحياة. إن مثل هذا المزيج من الظروف المواتية التي تحدث في وقت واحد في مكان آخر في الكون سيكون غير محتمل إلى حد كبير، مما يسلط الضوء على تميز الأرض. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الحماية والاستقرار اللذين تتمتع بهما الأرض - الحماية من الأحداث الكونية الضارة والحفاظ على توازن بيئي دقيق - يؤكدان على تفردها بين الكواكب الأخرى. وتدعم هذه العوامل مجتمعةً بقوة فكرة أن الأرض صُممت عمدًا لتكون موطنًا للحياة من قبل الخالق الإلهي. هذا التوازن الدقيق للظروف ليس مجرد مصادفة بل يشير إلى تصميم هادف وذكي يجعل من الأرض بيئة استثنائية وفريدة من نوعها لاستدامة الحياة.

3. الخلق أم التطور؟

هل نحن مخلوقون أم متطورون؟ لا يزال الجدل حول أصل الحياة مستمراً، لكن نظام التعليم الحالي يدرّس نظرية التطور باعتبارها النظرية الراسخة فيما يتعلق بأصل الحياة، بينما يعتبر نظرية الخلق ادعاءً غير علمي.

تبدأ نظرية التطور بفرضية النشوء الحيوي لتفسير أصل الحياة. سنتطرق أولاً إلى هذه المسألة بالتفصيل ثم نستكشف ما إذا كان ينبغي الإشارة إلى نظرية داروين على أنها "نظرية التطور" أو "نظرية التكيف الجيني". كما سنتناول أيضًا مسألة ما إذا كان البشر قد تطوروا من القردة. بالإضافة إلى ذلك، سوف نقدم التصميم الذكي ونفحص نظرية الخلق من خلال عدسة فيزياء الجسيمات، ووجود حياة خارج كوكب الأرض، وغرائز الحيوان، والرياضيات الموجودة في الطبيعة.

a. أصل الحياة

تبدأ الفرضية العلمية لأصل الحياة على الأرض بالتكوين التلقائي للأحماض الأمينية من الذرات الحاملة للكربون (النشوء الحيوي) في الحساء البدائي للأرض في بدايات الأرض. وترتبط هذه الأحماض الأمينية معًا من خلال روابط ببتيدية لتكوين البروتينات التي تؤدي مجموعة متنوعة من الوظائف الأساسية داخل الخلايا، مثل تحفيز التفاعلات الكيميائية الحيوية وتوفير الدعم الهيكلي. وبمرور الوقت، ظهرت الأحماض النووية مثل الحمض النووي الريبي والحمض النووي الريبي (RNA) والحمض النووي الريبي (DNA)، مما سمح بتخزين ونقل المعلومات الوراثية. وقد سهّل التفاعل بين البروتينات والأحماض النووية تطور الخلايا البدائية النوى البسيطة، والتي أدت في النهاية إلى ظهور خلايا حقيقية النواة أكثر تعقيدًا. ثم تطورت هذه الخلايا حقيقية النواة بعد ذلك إلى كائنات متعددة الخلايا، مع تمايز الخلايا الذي أدى إلى تطور الأنسجة والأعضاء المتخصصة. انتهت هذه الرحلة بأشكال الحياة المتنوعة والمعقدة التي نراها اليوم.

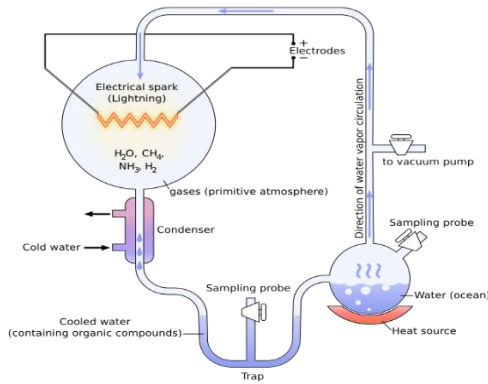
دعونا نفحص ما إذا كان من الممكن أن تحدث هذه العمليات تلقائيًا. سنستكشف الموضوعات التالية: 1) تكوين الأحماض الأمينية، 2) تكوين الحمض النووي الريبوزي، 3) تكوين البروتينات، 4) تكوين الحمض النووي، 5) تكوين الخلايا، 6)

تكوين الخلايا حقيقية النواة، 7) توطين العُضيات، 8) التمايز الخلوي، 9) تكوين الأنسجة والأعضاء، 10) تكوين الكائنات الحية متعددة الخلايا.

i. تكوين الأحماض الأمينية

يعد تكوين الأحماض الأمينية في ظل ظروف ما قبل الحياة المبكرة للأرض موضوعًا حاسمًا في فهم أصل الحياة. كانت تجربة ميلر-أوري التي أجريت في عام 1952 دراسة تمثيلية تحاكي ظروف الغلاف الجوي للأرض في وقت مبكر من أجل دراسة تكوين الأحماض الأمينية. وباستخدام مزيج من الغازات التي يُعتقد أنها تشبه الغلاف الجوي البدائي (الميثان والأمونيا والهيدروجين وبخار الماء) واستخدام شرارات كهربائية لمحاكاة البرق، قاما بتخليق العديد من الأحماض الأمينية، بما في ذلك الجلايسين والألانين.

وقد أثبتت هذه التجربة أن الجزيئات العضوية الضرورية للحياة يمكن أن تتشكل من مركبات غير عضوية بسيطة في ظروف ما قبل البيولوجيا، مما يوفر دعماً كبيراً لفرضية أن الحياة على الأرض يمكن أن تكون قد نشأت من خلال عمليات كيميائية طبيعية. لقد صنعت تجربة ميلر-أوري بعض الأحماض الأمينية، لكنها تواجه العديد من المشكلات التي من المهم أخذها بعين الاعتبار.



الشكل 3.1. رسم تخطيطي لتجربة ميلر-أوري

واستخدمت تجربة ميلر-أوري جهاز تفريغ كهربائي لمحاكاة البرق الطبيعي، لكن جهازهم والبرق الطبيعي يختلفان اختلافاً كبيراً في العديد من الجوانب. فجهازهم يستخدم جهداً كهربائياً يبلغ 50,000 فولت ويولد 250 درجة حرارة، في حين أن جهد البرق يبلغ 100 مليون فولت ويولد 50,000 درجة حرارة. كان التفريغ الكهربائي في تجربة ميلر-أوري مستمراً نسبياً ويمكن أن يستمر لفترات طويلة، مما يضمن مدخلات طاقة ثابتة للتفاعلات الكيميائية. في المقابل، لا يحدث البرق بشكل متواصل بل بشكل متقطع، ومدته قصيرة للغاية، حيث لا تدوم سوى بضعة ميكروثانية إلى أجزاء من الثانية.

المذنبات هي من بقايا النظام الشمسي المبكر وتحتوي على مواد البناء البدائية التي لم تتغير نسبياً. يمكن أن يوفر تكوين المذنبات رؤى قيّمة حول تكوين الغلاف الجوي للأرض في وقت مبكر. يتكون التركيب الرئيسي للمذنبات من الماء (86%) وثاني أكسيد الكربون (10%) وأول أكسيد الكربون (2.6%). وتحتل الأمونيا والميثان أقل من 1% لكل منهما. وتشير هذه النتيجة إلى أن الغاز المستخدم في تجربة ميلر-أوري لا يمثل بدقة الغلاف الجوي للأرض في بداياتها، لأنه لا يحتوي على ثاني أكسيد الكربون الغاز الأكثر وفرة وثاني أكثر الغازات وفرة أول أكسيد الكربون. علاوة على ذلك، ثاني أكسيد الكربون هو عامل مؤكسد، مما يثبط تكوين الأحماض الأمينية.

التركيب	النسبة (%)	المرجع
الماء (H_2O)	100 (86%)	بينتو وآخرون (2022)
ثاني أكسيد الكربون (CO_2)	12 (10%)	بينتو وآخرون (2022)
أول أكسيد الكربون (CO)	3 (2.6%)	بينتو وآخرون (2022)
الأمونيا (NH_3)	0.8 (0.7%)	روسو وآخرون (2016)
الميثان (CH_4)	0.7 (0.6%)	موما وآخرون (1996)

الجدول 3.1. تكوين المذنبات (الماء=100)

وقد افترضت تجربة ميلر-أوري أن الغلاف الجوي للأرض في مرحلة ما قبل البيولوجيا المبكرة كان غلافًا جويًا مختزلًا. ومع ذلك، إذا كان غلافًا مؤكسدًا، فإنه

سيعيق تكوين الأحماض الأمينية عن طريق تكسير أو أكسدة الجزيئات العضوية. إن ظروف الغلاف الجوي للأرض في وقت مبكر موضوع بحث ونقاش علمي مستمر. ويرى كل من أوري (1952) وميلر (1953) وتشيبا وساغان (1997) أن الغلاف الجوي كان مختزلاً، في حين يرى ألبسون (1966) وبينتو وآخرون (1980) وزانلي (1986) وتريل وآخرون (2011) أن الغلاف الجوي كان مؤكسداً.

وتجدر الإشارة إلى البحث الذي نشره تريل وآخرون (2011) في مجلة Nature. فقد قاموا بتحليل حالة أكسدة بلورات الزركون من العصر الحديث باستخدام نسبة حالات أكسدة السيريوم (Ce). وأشار التحليل إلى أن صهارة العصر الحديث كانت أكثر تأكسدًا مما كان يُعتقد سابقًا، مع وجود ظروف مشابهة لظروف الغازات البركانية الحديثة. وتعني الحالة الأكثر تأكسدًا للصهارات البركانية في العصر الحديث أن الغازات البركانية المنبعثة من الصهارة البركانية كانت ستطلق كمية أقل من الهيدروجين (H_2) والمزيد من بخار الماء (H_2O) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) وثاني أكسيد الكبريت (SO_2). وخلصوا إلى أن الغلاف الجوي للأرض في وقت مبكر كان على الأرجح أقل اختزالاً وأكثر تأكسداً مما كان يُعتقد تقليدياً. وأثارت النتائج التي توصلوا إليها تساؤلات حول صحة تجربة ميلر-أوري (Miller-Urey)، مما يشير إلى أنه قد لا يكون من الممكن تكوين الأحماض الأمينية عن طريق التولد الحيوي في الأرض في مرحلة ما قبل الحياة المبكرة.

تم جمع الأحماض الأمينية التي تم إنتاجها في التجربة وحفظها في ظروف مختبرية. في الظروف القاسية والمتغيرة للأرض المبكرة، ربما كانت هذه المركبات أقل استقراراً وأكثر عرضة للتحلل. تم التحكم في تركيز الجزيئات العضوية في التجربة والحفاظ عليها عند مستويات عالية نسبيًا. أما على الأرض المبكرة، فربما كانت هذه الجزيئات مخففة للغاية في المحيطات الشاسعة أو تعرضت للتشتت السريع، مما قد يقلل من فرص حدوث المزيد من التطور الكيميائي.

هناك مشكلة رئيسية أخرى تتمثل في الازدواجية. كانت الأحماض الأمينية المنتجة راسيمية، أي أنها تحتوي على كميات متساوية من الأيزومرات اليسرى واليمنى. وتستخدم الحياة على الأرض الأحماض الأمينية اليسرى بشكل أساسي (99.3%)، ولا يزال أصل هذا التماثل غير مفسر في تجربة ميلر-أوري.

ب. تكوين الحمض النووي الريبي

تتكون جميع الكائنات الحية من 20 حمضًا أمينيًا مختلفًا. ولمواصلة مناقشتنا،

لنفترض أن هذه الأحماض الأمينية العشرين تكونت تلقائيًّا. ستكون الخطوة التالية نحو الحياة هي تكوين الحمض النووي الريبوزي والبروتينات والحمض النووي. حتى الآن، لا توجد حتى الآن نظريات مؤكدة فيما يتعلق بالتكوين التلقائي لهذه الجزيئات. يقترح العلماء أن الحمض النووي الريبوزي ظهر أولاً، حيث يُعتقد أنه من أوائل الجزيئات القادرة على تخزين المعلومات الوراثية وتحفيز التفاعلات الكيميائية. وتعد هذه الوظيفة المزدوجة أساسية في "فرضية عالم الحمض النووي الريبوزي،" التي تقترح أن الحياة بدأت بجزيئات الحمض النووي الريبوزي قبل تكوين الحمض النووي والبروتينات. وفي حين أن فرضية عالم الحمض النووي الريبوزي توفر إطارًا مقنعًا، إلا أنها تواجه العديد من التحديات الكبيرة: (1) الحمض النووي الريبوزي جزيء معقد للغاية بحيث لا يمكن أن يكون قد نشأ قبل نشأة الحياة؛ (2) الحمض النووي الريبوزي غير مستقر بطبيعته؛ (3) الحفز خاصية تظهر في مجموعة فرعية صغيرة نسبيًا فقط من تسلسلات الحمض النووي الريبوزي الطويلة؛ (4) الذخيرة التحفيزية للحمض النووي الريبوزي محدودة للغاية. دعونا نبدأ بفحص التحدي الأول.

وتتكون نيوكليوتيدات الحمض النووي الريبوزي من ثلاثة مكونات: القواعد النيتروجينية (الأدينين والجوانين والسيتوزين واليوراسيل)، وسكر الريبوز، ومجموعات الفوسفات. ولكي يتشكل الحمض النووي الريبوزي، يجب أن تكون هذه المكونات قد نشأت تلقائيًا في ظروف ما قبل البيولوجيا. دعونا نفحص جدوى هذه العملية.

- تكوين القواعد النيتروجينية

القواعد النيتروجينية هي جزيئات معقدة ذات هياكل حلقية معقدة. إن التجميع التلقائي لهذه الجزيئات من مركبات ما قبل الحيوية الأبسط أمر غير محتمل إلى حد كبير لأنه يتطلب تفاعلات كيميائية محددة وظروف تفاعل محددة ومحفزات لتشكيل الهياكل الحلقية. وتشمل هذه التفاعلات تفاعلات الأمينة، حيث تُضاف مجموعة أمين (NH_2) إلى العمود الفقري للكربون، وتتطلب مركبات النيتروجين مثل الأمونيا والألدهيدات أو الكيتونات، وغالبًا ما يتم تسهيلها بواسطة المحفزات أو درجات الحرارة العالية. أما تفاعلات نزع الأكسجين، التي تزيل ذرات الأكسجين، فتحتاج إلى عوامل مختزلة مثل غازات

الهيدروجين أو غازات الميثان. وعادةً ما يحدث تكوين الحلقة، وهو أمر حاسم لتكوين البنية القاعدية النيتروجينية، في عمليات متعددة الخطوات في ظل ظروف درجات حرارة عالية وضغط مرتفع، وغالبًا ما يتم تحفيزها بواسطة أيونات الفلزات. وأخيراً، قد تتطلب إضافة القواعد النيتروجينية بيئات عالية الطاقة ومركبات سلائف محددة لإتمام العملية.

يُعتقد أن بيئة الأرض المبكرة كانت تتنوع بشكل كبير من حيث درجة الحرارة ودرجة الحموضة والمركبات الكيميائية المتاحة. كان من الممكن أن يكون تهيئة الظروف الدقيقة اللازمة لتخليق القواعد النيتروجينية أمراً صعباً للغاية. على سبيل المثال، ربما لم تكن ظروف الطاقة العالية اللازمة لتكوين هذه القواعد موجودة أو مستدامة باستمرار. وحتى في ظل الظروف المختبرية المحسّنة، غالبًا ما تكون عوائد القواعد النيتروجينية منخفضة. وهذا يثير تساؤلات حول ما إذا كان من الممكن إنتاج كميات كافية من هذه القواعد بشكل طبيعي لدعم تكوين الحمض النووي الريبي أو الأحماض النووية الأخرى. تتضمن المسارات المؤدية إلى تخليق القواعد النيتروجينية خطوات متعددة ومركبات وسيطة. إن احتمال وجود جميع الشروط والمركبات الضرورية في وقت واحد وبنسب صحيحة أمر مشكوك فيه.

وعادةً ما يتطلب تكوين القواعد النيتروجينية محفزات لدفع التفاعلات الكيميائية. وفي عالم ما قبل البيولوجيا، من غير المؤكد وجود مثل هذه المحفزات بالتركيزات والظروف المناسبة. فبدون هذه المحفزات، ستكون معدلات التفاعل أبطأ من أن تكون ذات أهمية. وحتى لو أمكن للقواعد النيتروجينية أن تتشكل تلقائيًا، فإن استقرارها في بيئة ما قبل البيولوجيا مشكوك فيه . فهذه الجزيئات معرضة للتدهور تحت الأشعة فوق البنفسجية والتحلل المائي وعوامل بيئية أخرى. ومن شأن عدم الاستقرار هذا أن يعيق تراكمها واستخدامها لاحقًا في تكوين الحمض النووي الريبي.

- تكوين سكر الريبوز

يمكن لتفاعل الفورموز، الذي يتضمن بلمرة الفورمالدهيد في وجود عامل، أن ينتج الريبوز. يفتقر هذا التفاعل إلى الخصوصية، مما يؤدي إلى انخفاض إنتاجية الريبوز مقارنة بالسكريات الأخرى. كما أنه يتطلب ظروفًا محددة، مثل وجود هيدروكسيد الكالسيوم كمحفز، والذي ربما لم يكن متاحًا أو مستقرًا عالميًا في بيئات ما قبل البيولوجيا. ولكي يكون الريبوز مفيدًا في تخليق الحمض النووي الريبوزي قبل الحيوي للحمض النووي الريبوزي، يجب أن يتم تخليقه واستقراره بشكل انتقائي. ومع ذلك، فإن تفاعل الفورموز لا يُفضّل التكوين الانتقائي للريبوز، كما أن الخليط الناتج من السكريات يُعقّد استخدام الريبوز في تخليق الحمض النووي الريبوزي. كان من الضروري وجود آليات لتثبيت الريبوز أو انتقائه من خليط معقد. وقد تم اقتراح عوامل

تثبيت محتملة، مثل معادن البوريات، ولكن توافرها وفعاليتها في ظروف ما قبل البيولوجيا غير مؤكدين.

يتطلب تفاعل الفورمالدهيد الفورمالديهايد الذي يجب أن يكون موجودًا بتركيز كافٍ. لا يمكن إنتاج الفورمالدهيد واستقراره في ظل ظروف ما قبل البيولوجيا لأن الفورمالدهيد يمكن أن يتبلمر بسهولة أو يتفاعل مع مركبات أخرى. ربما لم تكن الظروف البيئية المحددة اللازمة لاستمرار تفاعل الفورمالدهايد بكفاءة وإنتاج الريبوز (على سبيل المثال، درجة الحموضة المثلى ودرجة الحرارة ووجود المحفزات) منتشرة أو مستقرة على الأرض في وقت مبكر. حتى في ظل الظروف المختبرية الخاضعة للرقابة، يكون إنتاج الريبوز منخفضًا، وينتج التفاعل خليطًا معقدًا من السكريات، مما يسلط الضوء على التحدي المتمثل في عزل الريبوز في بيئة ما قبل البيولوجيا.

إن الريبوز هو سكر خماسي غير مستقر كيميائياً وعرضة للتحلل السريع، خاصةً في ظل الظروف التي يُعتقد أنها كانت سائدة على الأرض في وقت مبكر. ينشأ عدم الاستقرار من حقيقة أن الريبوز يتحلل بسهولة في المحاليل المائية ويمكن أن يتحلل من خلال عمليات مثل تفاعل ميلارد والكراميل. وبالإضافة إلى ذلك، أظهرت الدراسات أن عمر الريبوز قصير خاصة في الظروف القلوية، مما يجعل من غير المحتمل أن يتراكم بكميات كبيرة على مدى فترات زمنية جيولوجية.

- تكوين مجموعة الفوسفات

يواجه تكوين مجموعات الفوسفات في ظروف ما قبل البيولوجيا تحديات لأن مصادر الفوسفات المتاحة بسهولة كانت نادرة نسبيًا على الأرض في وقت مبكر. وعادةً ما يوجد الفوسفات في معادن مثل الأباتيت، وهي معادن غير قابلة للذوبان في الماء بدرجة كبيرة، مما يجعل من الصعب أن يكون الفوسفات متاحًا بحرية في البيئات المائية حيث يُعتقد أن كيمياء ما قبل البيولوجيا قد حدثت. تميل معادن الفوسفات إلى أن تكون خاملة كيميائيًا في ظل ظروف الأس الهيدروجيني المحايد. ويشكل هذا التفاعل المنخفض عائقاً كبيراً أمام دمج الفوسفات في الجزيئات العضوية الضرورية للحياة.

يتطلب تكوين استرات الفوسفات، التي تعتبر حاسمة لتخليق النيوكليوتيدات، مدخلات طاقة كبيرة. وفي ظروف ما قبل البيولوجيا، تكون مصادر الطاقة اللازمة والعمليات التحفيزية للتغلب على هذه الحواجز محدودة. وقد أظهرت بعض الدراسات أن ظروف الطاقة العالية، مثل تلك الناتجة عن الصواعق أو النشاط البركاني، يمكن أن تسهل تكوين الجزيئات المحتوية على الفوسفات. ومع ذلك، تتطلب هذه السيناريوهات ظروفاً محددة وعابرة قد لا تكون منتشرة على نطاق واسع.

عادةً ما يتطلب تكوين متعدد الفوسفات، وهو عبارة عن سلاسل من مجموعات الفوسفات، ظروفًا محددة، مثل درجات الحرارة المرتفعة أو وجود محفزات قد لا تكون متاحة بسهولة في

بيئات ما قبل البيولوجيا. تكون البولي فوسفات عرضة للتحلل المائي، حيث تتفكك إلى مركبات فوسفاتية أبسط. إن ثبات هذه المركبات في الظروف المتقلبة للأرض المبكرة أمر مشكوك فيه.

في حين أن بعض التجارب أثبتت تكوين جزيئات تحتوي على الفوسفات في ظل محاكاة ظروف ما قبل البيولوجيا، إلا أن هذه التجارب غالباً ما تتطلب ظروفاً محددة ومضبوطة للغاية قد لا تعكس بشكل واقعي بيئات الأرض المبكرة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن إنتاجية الجزيئات المحتوية على الفوسفات في تجارب تخليق ما قبل البيولوجيا منخفضة بشكل عام، مما يثير الشكوك حول كفاءة ومعقولية حدوث هذه العمليات على الأرض في مرحلة ما قبل البيولوجيا على نطاقات كافية لدفع أصل الحياة.

- تكوين نيوكليوتيدات الحمض النووي الريبي الوظيفية

حتى لو تم التغلب على جميع التحديات وتم التغلب على جميع التحديات ونجحنا في تكوين القواعد النيتروجينية والسكر الريبوزي ومجموعات الفوسفات، تبقى هناك عقبة أخرى مهمة: تكوين نيوكليوتيدات الحمض النووي الريبي الوظيفية.

توجد أنواع عديدة من الحمض النووي الريبوزي: الحمض النووي الريبي المشارك في تخليق البروتين (الحمض النووي الريبي mRNA، والحمض النووي الريبي rRNA، والحمض النووي الريبي tRNA، إلخ)، والحمض النووي الريبي المشارك في التعديل بعد النسخ (الحمض النووي الريبي snRNA، والحمض النووي الريبي snoRNA، إلخ)، والحمض النووي الريبي التنظيمي (الحمض النووي الريبي aRNA، والحمض النووي الريبي miRNA، إلخ)، والحمض النووي الريبي الطفيلي. يعتمد عدد النيوكليوتيدات في جزيئات الحمض النووي الريبي على نوعه. بعض الأمثلة هي

- mRNA و rRNA - من المئات إلى الآلاف
- الحمض النووي الريبي المرسال - 70 إلى 90
- الحمض النووي الريبي المنزوع الأكسجين - 100 إلى 300
- الحمض النووي الريبي المرسال - 20 إلى 25.

لنفترض أن جزيء الحمض النووي الريبوزي النموذجي الذي نريد تقدير احتمال تكوينه يبلغ طوله 100 نيوكليوتيدات. في هذه الحالة، يمكن أن تشغل كل موضع في تسلسل الحمض النووي الريبوزي بإحدى القواعد الأربع: الأدينين أو اليوراسيل أو السيتوزين أو الجوانين. والعدد الإجمالي للتتابعات الممكنة التي يبلغ طولها 100 نيوكليوتيدات هو $4^{(100)}$ (= $1.6x10^{60}$) واحتمال تكوين حمض نووي ريبوزي وظيفي هو $6.2x10^{-61}/1$ =$1.6x10^{60}$. يشير هذا الاحتمال الضئيل للغاية إلى أن الحمض النووي الريبوزي الوظيفي لا يمكن أن يتشكل تلقائيًا، حتى في

وجود قواعد نيتروجينية موجودة مسبقًا وسكر الريبوز ومجموعات الفوسفات.

iii. تكوين البروتينات

يتضمن تكوين البروتينات تخليق الأحماض الأمينية، وبلمرتها إلى ببتيدات، وطي هذه الببتيدات إلى بروتينات وظيفية. دعونا ندرس المشاكل والتحديات التي تواجه هذه العمليات في ظل ظروف ما قبل البيبيوتك.

تتكون البروتينات من سلاسل طويلة من الأحماض الأمينية، تسمى سلاسل متعدد الببتيد، مرتبة في تسلسلات محددة للغاية. يمكن أن يتراوح عدد الأحماض الأمينية في بروتين واحد من عدة عشرات إلى عدة آلاف من الأحماض الأمينية. على سبيل المثال، يحتوي بروتين الأنسولين الصغير على حوالي 51 حمضًا أمينيًا، ويحتوي بروتين الميوغلوبين متوسط الحجم على حوالي 153 حمضًا أمينيًا، ويحتوي بروتين الهيموغلوبين الكبير على حوالي 574 حمضًا أمينيًا، ويحتوي بروتين التايتين العملاق على حوالي 34,350 حمضًا أمينيًا. يكاد يكون من المستحيل تكوين سلاسل ببتيدية طويلة من خلال عملية عشوائية من مزيج من 20 نوعًا من الأحماض الأمينية. على سبيل المثال، احتمالية تكوين سلسلة ببتيد في بروتين الأنسولين الصغير من خلال عملية عشوائية هي $1/20^{51} = 0 \approx {}^{(7)}10^{(-6)}4.4x$.

وحتى لو تم تشكيل سلاسل متعدد الببتيد بطريقة ما، يجب أن تنطوي في هياكل ثلاثية الأبعاد محددة لتكون بروتينًا وظيفيًا. تنطوي عملية طي سلسلة عديد الببتيد إلى بروتين وظيفي على عدة خطوات رئيسية، كل منها مدفوعة بتفاعلات كيميائية مختلفة وتساعدها الآلات الجزيئية داخل الخلية.

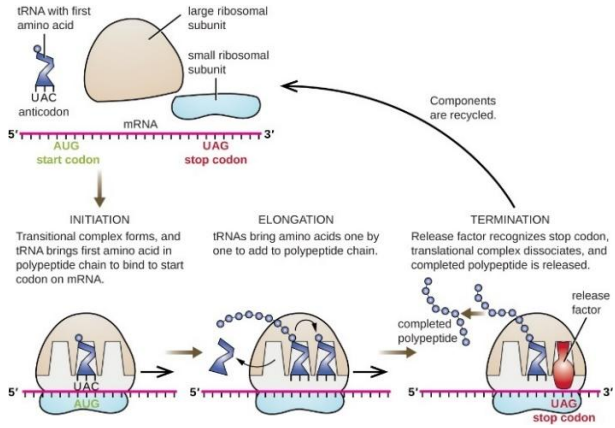
تنطوي أجزاء من سلسلة متعدد الببتيد (البنية الأولية) إلى بنى ثانوية تُعرف باسم حلزونات ألفا وصفائح بيتا. يتم تثبيت هذه البنى بواسطة الروابط الهيدروجينية بين ذرات العمود الفقري لسلسلة عديد الببتيد. وتربط تراكيب ثانوية إضافية، مثل المنعطفات والحلقات، بين الحلزونات والصفائح، مما يساهم في الطية الكلية للبروتين. تنطوي البنى الثانوية أكثر في شكل ثلاثي الأبعاد محدد، يُعرف باسم البنية الثلاثية. هذه العملية مدفوعة بالتفاعلات الكارهة للماء، حيث تتجمع السلاسل الجانبية غير القطبية بعيدًا عن البيئة المائية، مما يدفع عديد الببتيد إلى الانطواء في شكل كروي مضغوط؛ والروابط الهيدروجينية التي تتشكل بين السلاسل الجانبية القطبية والعمود الفقري، مما يؤدي إلى استقرار البنية المطوية؛ والروابط الأيونية، حيث

تساهم التفاعلات الكهروستاتيكية بين السلاسل الجانبية المتضادة الشحنة في استقرار البروتين ؛ والروابط ثنائي الكبريتيد، حيث توفر الروابط التساهمية بين بقايا السيستين استقرارًا إضافيًا للبنية.

بالنسبة لبعض البروتينات التي تحتوي على سلاسل متعددة الببتيد (وحدات فرعية)، تتجمع هذه الوحدات المطوية معًا لتكوين البنية الرباعية. ولمنع حدوث أخطاء، تساعد البروتينات المرافقة في عملية الطي من خلال منع سوء الطي والتجمع. فهي تساعد سلسلة عديد الببتيد على تحقيق التشكل الصحيح. قد يخضع البروتين لتغييرات وتصحيحات طفيفة في التشكل لتحقيق التشكل الأكثر استقرارًا ووظيفية. ويمكن أن تحدث تعديلات كيميائية، مثل الفسفرة أو الغليكوزيل أو الانشقاق، مما يزيد من استقرار البروتين أو إعداده لوظيفته المحددة.

يتطلب تكوين روابط الببتيد بين الأحماض الأمينية طاقة كبيرة. وفي الظروف ما قبل الحيوية، فإن توافر مصادر طاقة ثابتة وكافية لدفع هذه التفاعلات أمر مشكوك فيه. وفي حين تم اقتراح مصادر طاقة مختلفة مثل البرق والأشعة فوق البنفسجية والحرارة البركانية، فإن كفاءة وموثوقية هذه المصادر في تسهيل تكوين الروابط الببتيدية باستمرار أمر مشكوك فيه. من المرجح أن ظروف الأرض المبكرة كانت قاسية ومتغيرة، حيث كانت درجات الحرارة القصوى ومستويات الأس الهيدروجيني والتغيرات البيئية. ويمكن أن تكون هذه الظروف قد عطلت العملية الحساسة لتكوين رابطة الببتيد واستقرار الببتيدات المتكونة.

تخضع الببتيدات والأحماض الأمينية للتحلل المائي والتحلل في البيئات المائية. ويشكل ثبات الببتيدات المتكونة على مدى فترات طويلة مصدر قلق، حيث يمكن أن تتحلل بشكل أسرع من تكوينها. إن الافتقار إلى آليات الحماية في ظروف ما قبل البيولوجيا يعني أن الببتيدات المتكونة حديثًا يمكن أن تتحلل بسرعة بسبب العوامل البيئية مثل الأشعة فوق البنفسجية والتقلبات الحرارية. في حين أن الأسطح المعدنية مثل الطين يمكن أن تحفز تكوين روابط الببتيد، فإن كفاءة وخصوصية وعائد هذه التفاعلات في ظل الظروف الطبيعية ليست مثبتة جيدًا. ومن غير المؤكد مدى فعالية هذه الأسطح في إنتاج مجموعة متنوعة من الببتيدات اللازمة للحياة. يجب التحكم بإحكام في الظروف الدقيقة التي تحدث فيها هذه التفاعلات المحفزة للمعادن (على سبيل المثال، درجة الحرارة، ودرجة الحموضة)، وربما لم تكن هذه الظروف موجودة باستمرار على الأرض في وقت مبكر. وقد أُجريت بعض التجارب التي تُظهر تكوين الببتيد في ظل ظروف شديدة التحكم، لكن هذه الظروف قد لا تعكس بدقة الظروف الفوضوية والمتغيرة في بدايات الأرض.



الشكل 3.2. تخليق البروتين

وتفترض فرضية عالم الحمض النووي الريبوزي أن جزيئات الحمض النووي الريبوزي حفزت تكوين الببتيدات. ومع ذلك، فإن النشوء المتزامن للحمض النووي الريبوزي الوظيفي والببتيدات في آن واحد يطرح مشكلة "الدجاجة والبيضة"، حيث أن كليهما مترابطان. فبدون الحمض النووي الريبي لا يمكن تكوين البروتينات.

تحتاج البروتينات إلى أحماض أمينية لها نفس الكيرالية (الأحماض الأمينية L-أمينية). وعادةً ما ينتج التخليق البريبايوتك عادةً مخاليط راسيمية تحتوي على كميات متساوية من الأيزومرات اليسرى واليمنى. والتكوين التلقائي للبروتينات المتجانسة اللولبية من هذه الخلائط غير محتمل إحصائيًا.

iv. تكوين الحمض النووي

إن عملية تكوين للحمض النووي في ظروف ما قبل البيولوجيا هي عملية معقدة وتخمينية تتضمن عدة خطوات رئيسية بما في ذلك تخليق النيوكليوتيدات، وتكوين سلاسل متعددة النيوكليوتيدات، والاقتران القاعدي، وتكوين اللولب المزدوج، وتكثيف الحمض النووي، والتضاعف والمساعدة الأنزيمية.

مثل الحمض النووي الريبوزي، تتكون نيوكليوتيدات الحمض النووي من ثلاثة أجزاء: القواعد النيتروجينية (الأدينين والجوانين والسيتوزين والثايمين) وسكر الديوكسيريبوز ومجموعات الفوسفات. سيكون مستوى صعوبة التكوين التلقائي للحمض النووي مشابهًا لمستوى صعوبة تكوين الحمض النووي الريبوزي. وتتمثل إحدى الصعوبات الإضافية للحمض النووي

في تكوين البنية الحلزونية المزدوجة للحمض النووي. تعتمد البنية الحلزونية المزدوجة للحمض النووي على الاقتران الدقيق بين الأدينين والثايمين، وبين السيتوزين والجوانين. إن تحقيق هذه الخصوصية بشكل تلقائي، دون وجود قالب أو آلية إرشادية، أمر غير محتمل للغاية. وللحصول على لولب مزدوج مستقر، يجب ترتيب النيوكليوتيدات بترتيب معين، مع وجود تسلسلات مكملة على خيوط متقابلة. واحتمالية تكوين تسلسلين متكاملين تلقائيًا يتحاذيان بشكل مثالي منخفضة للغاية.

يتطلب تضاعف الحمض النووي إنزيمات معقدة وآلية بروتينية لضمان الدقة والإخلاص. وتتضمن قائمة الإنزيمات الرئيسية المشاركة في تضاعف الحمض النووي إنزيمات اللولب الحلزوني، وبروتينات الربط الأحادي الشريط (SSB)، والبرايمراز، وبوليميراز الحمض النووي، وريبونوكلياز H (RNase H)، وريبونوكلياز الحمض النووي، وريبونوكلياز الحمض النووي، وتوبويزوميراز. لن يتضمن التكوين التلقائي للولب المزدوج هذه المكونات الأساسية، مما يجعل التكرار وتصحيح الخطأ أمرًا غير محتمل إلى حد كبير. وبدون آليات لتصحيح الأخطاء، من المرجح أن تتراكم الأخطاء بسرعة في أي حمض نووي يتشكل تلقائيًا، مما يعرض استقراره ووظائفه للخطر.

يتراوح العدد الإجمالي للأحماض الأمينية في الإنزيمات النموذجية المشاركة في تضاعف الحمض النووي بين المئات وبضعة آلاف. واحتمالية إنتاج أي من هذه الإنزيمات بالصدفة هي صفر تقريبًا. على سبيل المثال، احتمال إنتاج إنزيم RNase H بالصدفة العشوائية هو فقط 20^{-155} أو $0 \approx 2.2x10^{-202}$. وهذا الاحتمال الضئيل للغاية هو في الأساس خارج نطاق الحدوث العملي ولن يحدث أبداً في الطبيعة.

وحتى إذا تكوَّن الحمض النووي بطريقة ما، فإنه سيحتاج إلى المرور بعملية معقدة للغاية لتكثيف الحمض النووي. وتؤدي عملية تكثيف الحمض النووي إلى تحويل جزيء الحمض النووي الخطي الطويل إلى بنية مضغوطة ومنظمة للغاية قادرة على التناسب داخل نواة الخلية. تُعد عملية التكثيف ضرورية لتخزين الحمض النووي وحمايته وتنظيمه بكفاءة، وكذلك للفصل الصبغي السليم أثناء انقسام الخلية. وتتضمن هذه العملية تكوين الجسيمات النووية، والألياف 30 نانومتر، والمجالات الحلزونية، والطيّ عالي الترتيب، وكروموسومات الطور الميتافيزيقي.

يمكن تكوين الجسيم النووي إذا التف الحمض النووي حول بروتينات الهستون. ويتكون كل نيوكليوسوم من حوالي 147 زوجًا قاعديًا من الحمض النووي ملفوفًا حول ثماني الهستونات (نسختان من كل من H2A وH2B وH3 وH4). وتبدو البنية الناتجة مثل

خرزات على خيط، حيث تتصل النيوكليوسومات (الخرزات) بواسطة الحمض النووي الرابط (الخيط).

وتلتف سلسلة الجسيمات النووية في ألياف أكثر إحكامًا بحجم 30 نانومتر، ويسهل ذلك بواسطة رابط الهيستون H1 الذي يرتبط بالجسيم النووي والحمض النووي الرابط. يمكن أن تتخذ الألياف التي يبلغ حجمها 30 نانومترًا إما تكوينًا لولبيًا أو متعرجًا، اعتمادًا على تفاعلات الجسيم النووي.

تشكّل الألياف التي يبلغ قطرها 30 نانومترًا نطاقات حلقيّة من خلال الارتباط بسقالة بروتينية داخل النواة. وتقوم السقالة أو مناطق الارتباط بالمصفوفة (SARs/MARs) بتثبيت هذه الحلقات. وتوفر هذه الحلقات، التي يتراوح طولها عادةً بين 40-90 كيلو بايت (kb)، مزيدًا من الضغط وتؤدي دورًا في تنظيم الجينات من خلال تقريب العناصر التنظيمية البعيدة من الجينات.

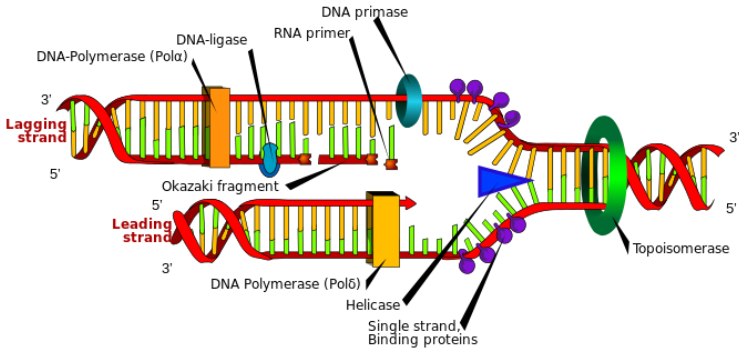
وتنطوي النطاقات الحلزونية إلى ألياف أكثر سمكًا تُعرف باسم ألياف الكروموتينيما. وتخضع هذه الألياف لمزيد من الالتفاف والطي، مما ينتج عنه بنية أكثر كثافة.

أثناء الانقسام الخلوي، خاصةً في الطور الميتافيزيقي، يصل الكروماتين إلى أعلى مستوى من التكثيف لتكوين كروموسومات مرئية. وينطوي ذلك على عمل بروتينات التكثيف التي تساعد على تكثيف الكروماتين وضغطه. يتكون كل كروموسوم من كروموسومين شقيقين متطابقين متماثلين مترابطين معًا عند السنترومير، مما يضمن الفصل الدقيق أثناء انقسام الخلية.

وتؤثر درجة التكثيف على التعبير الجيني، حيث يكون الكروماتين المتغاير المعبأ بإحكام غير نشط من الناحية النسخية بينما يكون الأيوكروماتين المعبأ بشكل غير محكم نشطاً. ويُعد التكثيف السليم أمرًا بالغ الأهمية للفصل الدقيق للكروموسومات أثناء الانقسام الفتيلي والانقسام الاختزالي.

وكما رأينا أعلاه، فإن عملية تكوين الحمض النووي وتضاعفه معقدة للغاية، وتتطلب تنسيقاً كيميائياً حيوياً دقيقاً ومشاركة إنزيمات مختلفة. ومع ذلك، لا تقدم نظرية التطور تفسيرًا واضحًا لكيفية نشأة هذه الآليات، وتكتفي بالقول إن الحمض النووي تطور من الحمض النووي الريبوزي دون أن تتطرق إلى التحديات الحاسمة.

ولكي يكون هذا الادعاء صحيحاً، يجب أن يفسر كيف تشكل الحمض النووي الريبوزي، وكيف نشأت بنية الحلزون المزدوج للحمض النووي، وكيف نشأت إنزيمات النسخ الأساسية. وبدون هذه الإجابات، تظل الفكرة تخمينية. وبالنظر إلى هذه العوامل، فإن تكوين الحمض النووي هو نتيجة تصميم مقصود وليس صدفة عشوائية.



الشكل 3.3. عملية تضاعف الحمض النووي

v. تكوين الخلايا

ولمواصلة مناقشتنا، لنفترض أن الحمض النووي الريبوزي والبروتينات والحمض النووي الريبي قد تم إنتاجها تلقائيًا. ثم الخطوة التالية نحو الحياة هي تكوين الخلايا. هناك نوعان أساسيان من الخلايا: الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة. الخلايا بدائية النواة، الموجودة في الكائنات الحية مثل البكتيريا والعتائق، أبسط وتفتقر إلى نواة محددة. وتوجد مادتها الوراثية في جزيء حمض نووي دائري واحد يطفو بحرية في السيتوبلازم. كما تفتقر الخلايا البدائية النواة إلى العضيات المرتبطة بالأغشية. أما الخلايا حقيقية النواة، الموجودة في النباتات والحيوانات والفطريات والطلائعيات، فلها بنية أكثر تعقيداً. فهي تحتوي على نواة محددة محاطة بغشاء نووي. تمتلك الخلايا حقيقية النواة أيضًا العديد من العضيات المرتبطة بالأغشية، مثل الميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية وجهاز جولجي، التي تؤدي وظائف محددة ضرورية لبقاء الخلية وقيامها بوظائفها على نحو سليم.

يزعم العلماء أن الخلايا الأولية تطورت إلى خلايا بدائية النواة عبر عملية تدريجية مدفوعة بالانتخاب الطبيعي والطفرة والتكيف البيئي. ويواجه وجود الخلايا الأولية، وهي السلائف الافتراضية للخلايا الحديثة، العديد من الانتقادات الهامة. وتتمثل إحدى المشكلات الرئيسية في

التكوين التلقائي لطبقات ثنائية الدهون، وهي ضرورية لخلق بيئة مستقرة ومغلقة. إن الظروف اللازمة لتكوين هذه الطبقات الثنائية والحفاظ عليها باستمرار على الأرض في بدايات الأرض هي ظروف تخمينية للغاية. بالإضافة إلى ذلك، يتطلب تكامل المكونات الوظيفية، مثل الحمض النووي الريبي أو البروتينات البسيطة، داخل هذه الهياكل الدهنية تفاعلات محددة للغاية غير محتملة إحصائيًا دون وجود آلية توجيهية ما. وعلاوة على ذلك، فإن قدرة الخلايا الأولية على التكاثر والتطور، وهي سمة أساسية للكائنات الحية، تفتقر إلى الدعم التجريبي الكافي، مما يثير تساؤلات حول دورها في أصل الحياة. لهذه الأسباب، فإن الخلايا الأولى التي ظهرت على الأرض كانت خلايا بدائية النواة.

تشير السجلات الأحفورية إلى أن الخلايا البدائية النوى ظهرت على الأرض منذ 3.5 إلى 3.8 مليار سنة مضت. جميع الخلايا محاطة بغشاء خلوي، والخطوة الأولى في تكوين الخلايا هي تكوين هذا الغشاء. لذلك، دعونا نتحقق مما إذا كان غشاء الخلية يمكن أن يتشكل تلقائيًا في ظل ظروف ما قبل البيولوجيا.

- تكوين غشاء الخلية

إن غشاء الخلية ليس بسيطًا ولكنه بنية معقدة وديناميكية تتكون من الدهون (الفوسفوليبيدات الفسفورية والكوليسترول والجليكوليبيدات) والبروتينات والكربوهيدرات. تشكل الفسفوليبيدات الفسفورية البنية الأساسية للطبقة الثنائية، ويضبط الكوليسترول السيولة، وتساهم الجليكوليبيدات في التعرف على الخلايا. تسهّل البروتينات، سواء البروتينات المتكاملة أو الطرفية، النقل والإشارات والدعم الهيكلي، بينما تلعب الكربوهيدرات أدوارًا حاسمة في التعرف على الخلايا والتواصل. ويسمح هذا التركيب لغشاء الخلية بأداء وظائفه الأساسية والحفاظ على التوازن وتسهيل التفاعلات مع البيئة.

يواجه تكوين غشاء الخلية عن طريق الصدفة العشوائية في ظروف ما قبل البيولوجيا العديد من المشاكل بسبب التعقيد والخصوصية المطلوبة لتكوين هياكل الأغشية الوظيفية.

وتتطلب جزيئات الدهون البرمائية المحددة، مثل الفسفوليبيدات الفوسفورية، مزيجًا دقيقًا من الأحماض الدهنية والجلسرين ومجموعات الفوسفات، والتي من غير المرجح أن تتشكل وتتجمع تلقائيًا بالنسب الصحيحة في ظل ظروف ما قبل البيولوجيا. ومن المستبعد أن تتشكل مجموعة الفوسفات تلقائيًا، كما هو موضح في القسم السابق. في حين أن الجزيئات البرمائية يمكن أن تشكل طبقات ثنائية تلقائيًا، فإن تحقيق طبقة ثنائية مستقرة وشبه منفذة قادرة على تغليف وحماية البيئة الخلوية يتطلب ظروفًا محددة. ومن المستبعد للغاية حدوث هذه الظروف بشكل عشوائي، بما في ذلك التركيز الصحيح وأنواع الدهون.

يبلغ الحجم النموذجي للخلية بدائية النواة، مثل الخلية البكتيرية ، 1 ميكرومتر. وتبلغ مساحة السطح $3x10^{(-12)}$ م$^{(2)}$ وحجم جزيء الفوسفوليبيد الواحد حوالي $5x10^{(-19)}$ م$^{(2)}$. لذا، فإن العدد الإجمالي

للفوسفوليبيدات الفسفورية في الطبقة الثنائية هو $1.2x10^{-7}$. لتكوين الطبقات الثنائية، يجب أن يصطف ما يقرب من عشرة ملايين فوسفوليبيد فوسفوليبيد جنبًا إلى جنب لتكوين حجرة مغلقة. ومن المستبعد جداً أن يحدث هذا الأمر بالصدفة العشوائية لأن الطبقات الثنائية لن تصطف بشكل طبيعي وتشكل حجرة مغلقة دون وجود شكل من أشكال التوجيه أو التوجيه.

كانت ظروف الأرض المبكرة قاسية ومتغيرة، حيث كانت درجات الحرارة القصوى ومستويات الأس الهيدروجيني والإشعاع. كان من الصعب الحفاظ على سلامة واستقرار الغشاء البدائي في مثل هذه البيئة، حيث يمكن أن تتعطل الأغشية بسهولة بسبب هذه العوامل. يجب أن يسمح الغشاء الوظيفي بشكل انتقائي بمرور المغذيات والجزيئات الأساسية مع إبقاء المواد الضارة خارجاً. وتتطلب هذه النفاذية الانتقائية وجود بروتينات وقنوات معقدة، والتي من غير المرجح أن تتشكل وتندمج في الغشاء بعمليات عشوائية.

حتى لو تشكلت الأغشية البدائية بالفعل، فإن التغليف العشوائي للجزيئات الحيوية الضرورية، مثل النيوكليوتيدات والأحماض الأمينية والجزيئات الحفازة، سيكون غير محتمل. من غير المرجح أن تحدث التركيزات والتركيبات المحددة المطلوبة لبدء عمليات الأيض البدائية عن طريق الصدفة.

يجب أن يكون تكوين غشاء وظيفي مصحوبًا بتطور متزامن لآليات خلوية أخرى، مثل بروتينات النقل والإنزيمات الأيضية، مما يزيد من تعقيد سيناريو تكوين غشاء من العمليات العشوائية. وبالتالي، فإن تكوين خلايا بدائية النواة في ظل أرض ما قبل البيولوجيا غير ممكن.

vi. تكوين الخلايا حقيقية النواة

النظرية المقبولة على نطاق واسع لأصل الخلايا حقيقية النواة هي نظرية التكافل الداخلي. تشير نظرية التكافل الداخلي إلى أن الخلايا حقيقية النواة نشأت من خلال علاقة تكافلية بين الخلايا البدائية النواة البدائية النواة. تضمنت هذه العملية ابتلاع بعض الخلايا بدائية النواة (الميتوكوندريا في حالة الخلايا الحيوانية والبلاستيدات الخضراء في حالة الخلايا النباتية) من قبل خلية مضيفة سلفية، مما أدى إلى علاقة منفعة متبادلة وفي النهاية تطور الخلايا حقيقية النواة المعقدة. ويُزعم أن الخلية المضيفة السالفة هي الخلايا العتيقة، ولكن المشكلة في هذه الفرضية هي أن عملية ابتلاع الخلايا البدائية النواة لم تُلاحظ أبداً في الخلايا العتيقة، وأن الغشاء الخلوي للعتائق يتكون من روابط الأثير، في حين أن الغشاء الخلوي للخلايا الحقيقية النواة يتكون من روابط الإستر.

وتتطلّب هذه النظرية وجود خلايا بدائية النواة والميتوكوندريا أو البلاستيدات

الخضراء قبل ذلك. ومع ذلك، فإن أصل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء غير موثق بشكل جيد. الميتوكوندريا هي عضيات معقدة ذات بنية فريدة من نوعها تعكس دورها كمراكز للطاقة في الخلية، حيث تولد الأدينوسين الثلاثي الفوسفات من خلال الفسفرة التأكسدية. وتتكون الميتوكوندريا من عدة مكونات متميزة: الغشاء الخارجي، والفضاء بين الغشائي، والغشاء الداخلي، والمصفوفة التي تتضمن الإنزيمات والحمض النووي والريبوسومات والأيضات. ويحتوي الغشاء الخارجي، مثل غشاء الخلية، على طبقة ثنائية فوسفوليبيدية تحتوي على مزيج من الفوسفوليبيدات الفوسفورية والبروتينات. من غير المحتمل أن ينشأ مثل هذا التركيب المعقد تلقائيًا من خلال عمليات عشوائية، حيث لا يمكن أن تتشكل أغشية الخلايا والحمض النووي والبروتينات تلقائيًا. للميتوكوندريا حمض نووي خاص بها يختلف عن الحمض النووي ومع ذلك يجب أن تتناسق مع الجينوم النووي لتعمل بشكل سليم. ويمثل دمج الحمض النووي للميتوكوندريا في الشبكات التنظيمية والأيضية للخلية المضيفة تحديات كبيرة.

تتكوَّن النواة في الخلايا حقيقية النواة من غشاء نووي مزدوج الطبقات ونواة وكروموسومات تحتوي على المادة الوراثية للخلية، بما في ذلك الحمض النووي والحمض النووي الريبي والبروتينات المرتبطة بها. إن تفسير أصل النواة في الخلايا حقيقية النواة أكثر صعوبة. لنبدأ بمناقشة الجانب الأبسط: الغشاء النووي. إن أصل الغشاء النووي في الخلايا حقيقية النواة موضوع جدل علمي كبير. وقد اقترحت عدة فرضيات، بما في ذلك فرضية غزو الغشاء (الطي الداخلي)، وفرضية الأصل الفيروسي، وفرضية نقل الجينات، لتفسير كيفية نشأة هذا التركيب المعقد.

تقترح فرضية غزو الغشاء أن الغشاء النووي نشأ من غزو الغشاء الخلوي لخلية بدائية النواة السلالية. ومع ذلك، تفشل هذه الفرضية في تفسير الفرق بين الغشاء الخلوي والغشاء النووي. فالغشاء الخلوي يتكون من طبقة ثنائية فسفوليبيدية واحدة، بينما يتكون الغشاء النووي من طبقتين ثنائيتين فسفوليبيدية، غشاء داخلي وغشاء خارجي. بالإضافة إلى ذلك، يحتوي الغشاء النووي على مجمعات المسام النووية التي لا يمكن العثور عليها في الغشاء الخلوي. علاوة على ذلك، تختلف تركيبات البروتين في الغشاء الخلوي والغشاء النووي.

وتفترض فرضية الأصل الفيروسي أن الفيروسات التي أصابت الخلايا البدائية

يمكن أن تكون قد ساهمت في المادة الوراثية أو المكونات الهيكلية التي أدت في النهاية إلى تطوير الغلاف النووي. وقد يكون التفاعل بين الأغشية الفيروسية وأغشية الخلايا المضيفة قد خلق بنية واقية حول الحمض النووي. وعلى الرغم من أنه من المعروف أن الفيروسات تؤثر على هياكل الخلايا المضيفة، إلا أن الأدلة الملموسة التي تربط الفيروسات بأصل الغشاء النووي محدودة.

تشير فرضية انتقال الجينات إلى أن اختلاط الجينات وانتقالها بين بدائيات النوى المختلفة كان يمكن أن يخلق جينومًا كبيرًا ومعقدًا يتطلب حجرة واقية. وقد يكون الغشاء النووي قد تطور لحماية وتنظيم هذه المادة الوراثية المعقدة. تواجه هذه الفرضية العديد من المشاكل بسبب عدم وجود دليل مباشر، وعدم قدرتها على تفسير كيف يمكن أن ينشأ مثل هذا التركيب المعقد والمنظم لغشاء مزدوج ومجمعات المسام النووية فقط من نقل الجينات وتكاملها، وفشلها في توفير مسار واضح لكيفية تكامل الجينات المنقولة والتعبير عنها بطريقة تؤدي إلى تطور الغشاء النووي.

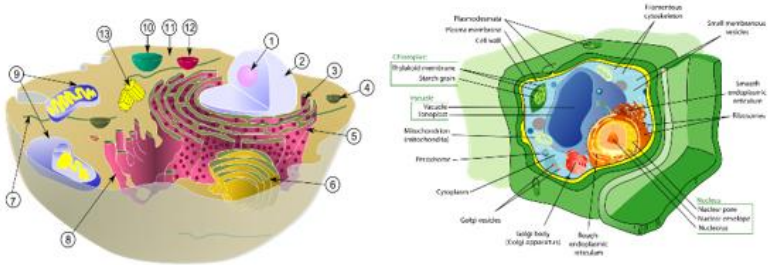
إن بنية النواة والكروموسومات أكثر تعقيداً بكثير من بنية الغشاء النووي، مما يجعل من الصعب تخيل أنها يمكن أن تنشأ من أحداث عشوائية. وعلاوة على ذلك، من الصعب فهم كيف أصبحت هذه المكونات محصورة داخل الغشاء. وتحتوي النوى والكروموسومات على المعلومات الوراثية للكائنات الحية، بما في ذلك مخططات تكوين الحمض النووي الريبي والبروتينات والحمض النووي والعضيات الخلوية وأنسجة وأعضاء الكائنات الحية. وحقيقة أن هذه المخططات الخاصة ببناء الحياة متوقعة وموجودة بالفعل داخل النواة في مرحلة الخلية حقيقية النواة، حتى قبل تكوين الحياة، لا يمكن تفسيرها بشكل كافٍ من خلال نظرية التطور. وبدلاً من ذلك، فإن هذا بمثابة دليل واضح على التصميم الذكي للحياة.

باختصار، يمكن للتصميم الذكي أن يفسر أصل الخلايا حقيقية النواة بشكل طبيعي، بينما تفتقر نظرية التطور إلى تفسير واضح لأصلها.

سابعاً. توطين العضيّات

تتألف الخلايا من عضيات مختلفة، بما في ذلك النواة والميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية الشبكية وجهاز جولجي والليزوزومات والعضيات الأخرى، وتعمل جميعها معًا للحفاظ على الوظيفة الخلوية والتوازن الخلوي. إن توطين العُضيات

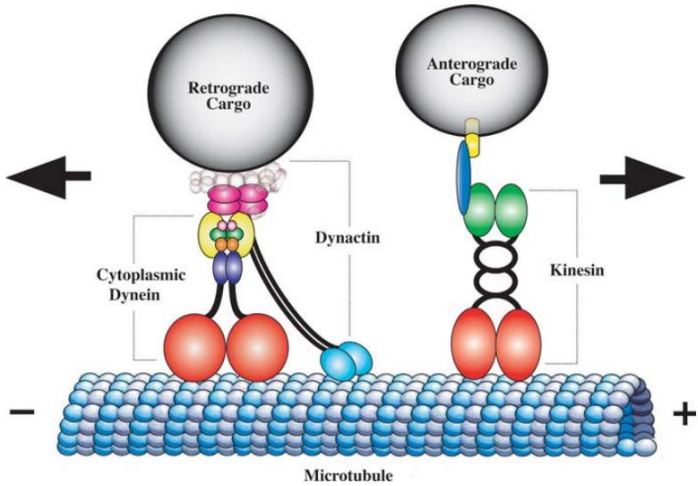
الخلوية هو عملية ديناميكية ومنظمة للغاية تضمن وضع العُضيات في مكانها الصحيح داخل الخلية للحفاظ على كفاءة الوظيفة الخلوية. ويعد التوطين السليم ضروريًا لصحة الخلية ويؤدي دورًا حاسمًا في التكيف مع الظروف الخلوية والبيئية المتغيرة. قد يتساءل المرء كيف تجد هذه العضيات مواقعها المثلى، بالنظر إلى أنها لا تستطيع التفكير بنفسها.



الشكل 3.4. تركيب الخلية الحيوانية والخلية النباتية

يكشف الفحص التفصيلي لعملية توطين العضيّات عن آلية دقيقة ومعقدة للغاية لا يمكن أن تُعزى إلى الصدفة العشوائية. وتتضمن هذه العملية تفاعلًا معقدًا بين الهيكل الخلوي والبروتينات الحركية وانتقال الأغشية وبروتينات التثبيت والسقالات والتعديلات الديناميكية والتواصل بين العضيّات.

يلعب الهيكل الخلوي دورًا حاسمًا في توطين العضيّات. فهو يوفر الدعم الهيكلي ويسهّل الحركة ويضمن التموضع الصحيح للعضيات. ويتكون الهيكل الخلوي من ثلاثة أنواع رئيسية من الخيوط: الأنابيب الدقيقة وخيوط الأكتين والخيوط الوسيطة التي تساهم كل منها بشكل فريد في توطين العُضيات.



الشكل 3.5. رسم تخطيطي للأنابيب الدقيقة والبروتينات الحركية

الأنابيب المجهرية هي أنابيب طويلة مجوفة مصنوعة من بروتينات الأنبولين. وهي تشكل شبكة تمتد من مركز تنظيم الأنابيب الدقيقة (الجسيم المركزي) إلى محيط الخلية. وتعمل الأنابيب الدقيقة كمسارات للبروتينات الحركية مثل كينيسين ودينين. يحرك الكينيسين العضيات نحو الطرف الزائد من الأنابيب المجهرية، وعادةً ما يكون ذلك باتجاه محيط الخلية، بينما يحركها الداينين نحو الطرف الناقص، وعادةً ما يكون ذلك باتجاه مركز الخلية. تساعد الأنابيب الدقيقة في وضع العضيات مثل جهاز جولجي، الذي يقع عادةً بالقرب من الجسيم المركزي، والميتوكوندريا التي تتوزع في جميع أنحاء الخلية، ولكن يمكن نقلها على طول الأنابيب الدقيقة إلى المناطق التي تحتاج إلى طاقة عالية.

خيوط الأكتين، والمعروفة أيضاً باسم الخيوط المجهرية، هي ألياف رقيقة ومرنة مصنوعة من بروتين الأكتين. تتركز تحت غشاء البلازما مباشرة وتشكل شبكة كثيفة في جميع أنحاء السيتوبلازم. تسهّل خيوط الأكتين تدفق السيتوبلازم، وهي عملية تساعد على توزيع العضيات والمواد المغذية في جميع أنحاء الخلية. تتفاعل بروتينات الميوسين الحركية مع خيوط الأكتين لنقل الحويصلات والعضيات الداخلية والعضيات الصغيرة الأخرى على طول شبكة الأكتين. وتساعد خيوط الأكتين في الحفاظ على شكل الخلية وتشارك في حركة الخلية، وهو ما يؤثر بشكل غير مباشر

على تموضع العضيات.

الخيوط الوسيطة عبارة عن ألياف تشبه الحبال مصنوعة من بروتينات مختلفة (مثل الكيراتين والفيمنتين واللامينات) اعتمادًا على نوع الخلية. وهي توفر القوة الميكانيكية والدعم الهيكلي. تساعد الخيوط الوسيطة على تثبيت موضع العضيات مثل النواة عن طريق تثبيتها في مكانها داخل السيتوبلازم. وهي تحافظ على السلامة الكلية للهيكل الخلوي، مما يضمن أن المكونات الأخرى مثل الأنابيب الدقيقة وخيوط الأكتين يمكن أن تعمل بفعالية في توطين العُضيات.

غالبًا ما تعمل الأنواع المختلفة من خيوط الهيكل الخلوي معًا لوضع العضيات بدقة. فعلى سبيل المثال، يتم التنسيق بين الأنابيب الدقيقة وخيوط الأكتين لضمان التوزيع والحركة المناسبة للحويصلات والعضيات. يتسم الهيكل الخلوي بديناميكية عالية، حيث يتم إعادة تشكيله باستمرار للتكيف مع احتياجات الخلية. وتسمح هذه المرونة بإعادة التموضع السريع للعضيات استجابةً للإشارات الخلوية أو التغيرات في البيئة.

الاتجار الغشائي هو العملية التي يتم من خلالها نقل البروتينات والدهون والجزيئات الأخرى داخل الخلايا، مما يضمن وصول المكونات الخلوية إلى وجهتها الصحيحة. وينطوي ذلك على تبرعم الحويصلات من الأغشية المانحة، ونقلها عبر السيتوبلازم، واندماجها مع الأغشية المستهدفة. وتشمل العضيات الرئيسية المشاركة في عملية انتقال الأغشية الشبكة الإندوبلازمية وجهاز جولجي وأنواع مختلفة من الحويصلات مثل الجسيمات الداخلية والجسيمات المحللة. وهذه العملية ضرورية للحفاظ على التنظيم الخلوي وتسهيل التواصل بين العضيات وتمكين الخلية من الاستجابة للإشارات الداخلية والخارجية بكفاءة.

توجّه مسارات الإشارات حركة العضيات وتموضعها داخل الخلية. تتضمن هذه المسارات نقل إشارات كيميائية توفر إشارات مكانية تضمن توجيه العضيات إلى مواقعها المناسبة. وتتفاعل المستقبلات الموجودة على أسطح العضيات وداخل السيتوبلازم مع جزيئات الإشارات لتسهيل هذه العملية. على سبيل المثال، تُعدّ بروتينات GTPases الصغيرة مثل بروتينات راب (Rab) منظّمات رئيسية تتحكم في انتقال الحويصلات وتحديد مواقع العُضيات من خلال التفاعل مع بروتينات مستجيبة محددة. تضمن مسارات الإشارات هذه تنسيق العمليات الخلوية ووضع العضيات

بشكل ديناميكي استجابةً للاحتياجات الخلوية والظروف البيئية المتغيرة.

وتؤدي بروتينات التثبيت والسقالات دورًا حيويًا في توطين الخلايا من خلال ضمان وضع العضيات بدقة داخل الخلية. وتربط بروتينات التثبيت العضيات بمواقع محددة داخل السيتوبلازم، مما يؤدي إلى استقرارها ومنع إزاحتها. على سبيل المثال، يمكن ربط الميتوكوندريا بالشبكة الإندوبلازمية من خلال آليات تثبيت محددة، مما يسهل نقل الطاقة بكفاءة وتنسيق عملية الأيض. توفر بروتينات السقالة دعمًا هيكليًا من خلال تشكيل مجمعات تثبت العضيات في مكانها وتحافظ على التنظيم العام للخلية. تخلق هذه البروتينات إطارًا ديناميكيًا يسمح بالترتيب الصحيح للعضيات، مما يضمن تنفيذ الوظائف الخلوية بفعالية وكفاءة.

تشير التعديلات الديناميكية في توطين الخلية إلى التغيرات المستمرة والمتجاوبة في تموضع العضيات داخل الخلية. هذه التعديلات ضرورية للحفاظ على الوظيفة الخلوية والقدرة على التكيف. فخلال مراحل مختلفة من دورة الخلية، مثل الانقسام الفتيلي، تتغير العضيات مثل النواة والميتوكوندريا لضمان انقسام الخلية بشكل صحيح. بالإضافة إلى ذلك، واستجابةً للمحفزات البيئية، مثل توافر المغذيات أو ظروف الإجهاد، يمكن للعضيات أن تنتقل إلى المناطق التي تكون فيها الحاجة إلى وظائفها أكثر من غيرها. ويتم تسهيل هذا الانتقال الديناميكي من خلال الهيكل الخلوي والبروتينات الحركية، مما يسمح للخلية بالحفاظ على التوازن والاستجابة بكفاءة للظروف الداخلية والخارجية المتغيرة.

يضمن التواصل بين الأعضاء تنسيق وكفاءة الوظائف الخلوية. ويحدث هذا التواصل من خلال مواقع الاتصال المباشر والنقل الحويصلي. تسهّل مواقع الاتصال، مثل الأغشية المرتبطة بالميتوكوندريا (MAMs) بين الميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية، نقل الدهون والكالسيوم والجزيئات الأخرى، مما يضمن تزامن الأنشطة بين العضيات. ينطوي النقل الحويصلي على تبرعم واندماج الحويصلات التي تحمل البروتينات والدهون بين العُضيات، مما يحافظ على تكاملها الوظيفي. ويُعد التواصل الفعال بين العضيات أمرًا ضروريًا لعمليات مثل الأيض والإشارات والاستجابات للإجهاد، مما يساهم في تحقيق التوازن العام للخلية.

وكما هو موضح أعلاه، فإن الآليات التي تنطوي عليها عملية توطين العضيّات منظمة ومعقدة للغاية. إن التطور التدريجي لمثل هذه الأنظمة المنسقة بشكل معقد من خلال الطفرات العشوائية

والانتخاب الطبيعي أمر مستبعد للغاية للأسباب التالية.

لا يوجد دليل مباشر على وجود مراحل وسيطة في تطور آليات توطين العضيّات. لا تلتقط السجلات الأحفورية والدراسات الجزيئية الأشكال الانتقالية التي من شأنها أن توضح التطور التدريجي لهذه الأنظمة المتطورة. ويشكل تعقيد توطين العضيّات وتنسيقها داخل الخلايا تحديًا للتفسيرات التطورية لأن التنظيم الخلوي يُظهر "تعقيدًا غير قابل للاختزال"، حيث أن إزالة أي جزء من شأنه أن يجعل النظام غير وظيفي. تفسر النظرية التطورية التعقيد من خلال التعديلات التدريجية، لكن البنى الخلوية وتوطينها الدقيق لا توجد مراحل وسيطة قابلة للتطبيق.

يعتمد توطين العضيات على تفاعلات معقدة مع الهيكل الخلوي والبروتينات الحركية ومسارات الإشارات والمكونات الخلوية الأخرى. ويثير هذا الاعتماد المتبادل تساؤلات حول كيفية تطور هذه الأنظمة بطريقة تدريجية. من الصعب تفسير كيف يمكن أن تكون العضيات والأنظمة المسؤولة عن توطينها قد تطورت بشكل متزامن دون أن تعمل إحداها بشكل كامل أولاً.

إن أصل وتطور البروتينات الحركية مثل الكينيسين والداينين والميوسين، وكذلك عناصر الهيكل الخلوي مثل الأنابيب الدقيقة وخيوط الأكتين، ليست مفهومة تمامًا. يجب أن تكون هذه البروتينات والهياكل قد طورت وظائف وتفاعلات محددة للغاية، والتي يصعب تفسيرها من خلال التغييرات التدريجية وحدها. يطرح تطور الشبكات التنظيمية المعقدة التي تتحكم في توطين العُضيات تحديات كبيرة. إذ يجب أن تنسق هذه الشبكات بدقة تعبير ونشاط العديد من الجينات، ويصعب تفسير تطورها التدريجي من خلال الطفرات العشوائية.

فالعديد من المكونات المشاركة في توطين العضيّات مترابطة، مما يعني أنها يجب أن تعمل معاً بفعالية لتوفير أي ميزة انتقائية. ويعتبر التطور المتزامن لأجزاء متعددة متفاعلة في آن واحد أمراً إشكالياً لأن الأنظمة الجزئية لن تمنح فائدة كافية لتفضيلها عن طريق الانتقاء الطبيعي.

وتتطلب عمليات توطين العضيّات وصيانتها طاقة مكثفة. وليس من الواضح كيف يمكن للخلايا المبكرة أن تتحمل التكاليف الأيضية المرتبطة بهذه الأنظمة المعقدة دون وجود آليات فعالة لإنتاج الطاقة وإدارة الموارد.

ثامناً تمايز الخلايا

إن التمايز الخلوي هو العملية التي تتطور من خلالها الخلايا غير المتخصصة إلى خلايا متخصصة ذات تراكيب متميزة ووظائف مميزة. هذه العملية ضرورية لتطور ونمو ووظائف الأنسجة والأعضاء وفي نهاية المطاف، الكائنات متعددة الخلايا. يبدأ

التمايز عادةً بالخلايا الجذعية، وهي خلايا غير متمايزة قادرة على إنتاج أنواع مختلفة من الخلايا. يمكن للخلايا الجذعية أن تكون متعددة القدرات، وقادرة على التمايز إلى أي نوع من الخلايا تقريبًا. وأثناء النمو، تتلقى هذه الخلايا إشارات توجهها لتصبح أنواعاً محددة من الخلايا. وعندما تتمايز الخلايا الجذعية، تصبح خلايا سليفة متعددة القدرات، والتي تلتزم بإنتاج مجموعة محدودة من أنواع الخلايا. كما تتمايز الخلايا السليفة إلى خلايا متخصصة بالكامل. التمايز الخلوي هو عملية ديناميكية ومنظمة للغاية مدفوعة بتنظيم التعبير الجيني ومسارات نقل الإشارات والتعديلات اللاجينية والتدرجات المورفوجينية والتفاعلات مع الخلايا الأخرى والمصفوفة خارج الخلية.

تحتوي جميع الخلايا في الكائن الحي على نفس الحمض النووي، لكن أنواع الخلايا المختلفة تعبر عن مجموعات فرعية مختلفة من الجينات. ويؤدي هذا التعبير الجيني الانتقائي إلى التمايز. وترتبط البروتينات المعروفة باسم عوامل النسخ بتسلسلات محددة من الحمض النووي لتنظيم نسخ الجينات المستهدفة. ويمكن لهذه العوامل تنشيط أو كبح التعبير الجيني، مما يؤدي إلى إنتاج البروتينات اللازمة لنوع معين من الخلايا.

تتلقى الخلايا إشارات من بيئتها، مثل عوامل النمو والهرمونات والسيتوكينات. وترتبط هذه الإشارات بمستقبلات سطح الخلية، مما يؤدي إلى بدء مسارات نقل الإشارة. وتتضمن مسارات نقل الإشارات سلسلة من الأحداث داخل الخلايا، وغالبًا ما تتضمن فسفرة البروتينات التي تؤدي في النهاية إلى تغيرات في التعبير الجيني.

تتضمن التعديلات اللاجينية مثيلة الحمض النووي وتعديل الهستون. تعمل مثيلة الحمض النووي على إسكات التعبير الجيني عن طريق إضافة مجموعات الميثيل إلى الحمض النووي، وعادةً ما تكون في جزر CpG. وتكون أنماط المثيلة قابلة للتوريث ويمكنها تثبيت هوية الخلية عن طريق كبح الجينات غير الضرورية لنوع معين من الخلايا. يمكن تعديل الهستونات، وهي البروتينات التي يلتف حولها الحمض النووي، كيميائياً (مثل الأستلة والمثيلة). هذه التعديلات تغير بنية الكروماتين، مما يجعل الحمض النووي متاحاً للنسخ.

المورفوجينات هي جزيئات إشارات تنتشر عبر الأنسجة وتشكل تدرجات تركيز. تستجيب الخلايا لتركيزات مورفوجينات مختلفة من خلال تنشيط مسارات تطورية

مختلفة، مما يؤدي إلى مصائر خلوية متنوعة. تعتبر التدرجات المورفوجينية حاسمة في التطور الجنيني لتكوين الأنماط وتحديد الترتيب المكاني للخلايا المتمايزة.

الاتصال المباشر بين الخلايا يمكن أن يحفز التمايز. تتفاعل البروتينات المرتبطة بالأغشية في إحدى الخلايا مع بروتينات مستقبلات في خلية مجاورة لنقل الإشارات. تفرز الخلايا جزيئات الإشارات التي تؤثر على الخلايا المجاورة، مما يؤثر على تمايزها.

توفر المصفوفة خارج الخلية (ECM)، المكونة من البروتينات والسكريات المتعددة، الدعم الهيكلي والإشارات الكيميائية الحيوية للخلايا. تتوسط الإنتغرينات وجزيئات الالتصاق الأخرى في التصاق الخلايا بالمصفوفة خارج الخلية، مما يؤثر على شكل الخلية وهجرتها وتمايزها.

تتحكم آليات التغذية الراجعة الإيجابية والسلبية في تقدم التمايز. تشير التغذية الراجعة الإيجابية إلى أن الخلايا المتمايزة يمكن أن تنتج إشارات تعزز هويتها، مما يضمن استقرار أنواع الخلايا. وتحدّ آليات التغذية الراجعة السلبية من إشارات التمايز، مما يمنع الإفراط في التمايز والحفاظ على مجموعة من الخلايا غير المتمايزة.

وكما هو موضح، ينطوي التمايز الخلوي على سلسلة معقدة ومنسقة للغاية من الأحداث، بما في ذلك التنظيم الجيني الدقيق ونقل الإشارات والتعديلات اللاجينية. ويصعب تفسير هذا التعقيد من خلال الطفرات العشوائية التدريجية والعشوائية والانتخاب الطبيعي وحده. وتتطلب هذه العملية تكامل العديد من الأنظمة الخلوية، مثل عوامل النسخ ومسارات الإشارات والهيكل الخلوي. ويشكل التطور المتزامن لهذه الأنظمة المترابطة تحدياً كبيراً لنظرية التطور. وبالإضافة إلى ذلك، لا يمكن تفسير نشأة الخلايا الجذعية متعددة القدرات من خلال الآليات التطورية.

ويُعد دور التعديلات اللاجينية مثل مثيلة الحمض النووي وتعديل الهستون أمرًا حاسمًا في التمايز. لا تفسر النظرية التطورية أصل هذه الآليات المعقدة بشكل جيد، لأنها تتطلب مستوى عالٍ من الدقة والتنسيق. وتضيف وراثة العلامات اللاجينية طبقة أخرى من التعقيد. وتتسم الآليات التي يتم من خلالها إنشاء هذه العلامات والحفاظ عليها وتوريثها بالتعقيد وتتطلب تفسيراً مفصلاً.

إن إنشاء وتفسير التدرجات المورفوجينية أمر بالغ الأهمية لتكوين الأنماط أثناء التطور. وتشير تدرجات التركيز الدقيقة وقدرة الخلية على تفسير هذه الإشارات بدقة إلى تصميم ذكي وليس طفرات عشوائية. يتطلب مفهوم المعلومات الموضعية، حيث تحدد الخلايا موقعها وتتمايز وفقًا لذلك، نظام اتصال متطور. إن الأصل التطوري لمثل هذا النظام غير مفهوم بوضوح.

تتسم الشبكات التنظيمية لعوامل النسخ التي تتحكم في التعبير الجيني أثناء التمايز بالتعقيد الشديد. ويفتقر التطور التدريجي لهذه الشبكات إلى الدعم التجريبي، نظراً للحاجة إلى تغييرات منسقة في جينات متعددة. يمكن أن يكون للطفرات في عوامل النسخ الرئيسية تأثيرات واسعة النطاق وضارة، مما يجعل من الصعب تصور كيف يمكن للطفرات المفيدة أن تتراكم تدريجياً لتشكل شبكات تنظيمية وظيفية.

تاسعًا تكوين الأنسجة والأعضاء

تكوين الأنسجة (تكوين الأنسجة) هي العملية التي تنتظم من خلالها الخلايا المتمايزة في أنسجة محددة أثناء التطور الجنيني.

تنطوي هذه العملية على تخصص الخلايا الجذعية إلى أنواع مختلفة من الخلايا، مثل الخلايا العضلية والخلايا العصبية والخلايا الطلائية، ولكل منها وظائف مميزة. وبمجرد أن تتمايز الخلايا، تبدأ الخلايا في ترتيب نفسها في تراكيب معقدة تُشكّل الأنسجة الأساسية للجسم. تشمل هذه الأنسجة الأنسجة الظهارية والضامة والعضلية والعصبية، ويساهم كل منها في التركيب العام للأعضاء ووظائفها.

يلعب التواصل الخلوي ومسارات الإشارات دورًا حاسمًا في توجيه الخلايا إلى مواقعها الصحيحة وضمان تفاعلها بشكل مناسب. يتم تنظيم تكوين الأنسجة بإحكام، حيث يمكن أن تؤدي الأخطاء في تنظيم الخلايا إلى تشوهات أو أمراض في النمو. وخلال هذه العملية، تلتصق الخلايا ببعضها البعض، وتهاجر إلى مناطق محددة، وتخضع لتغيرات مورفولوجية لتكوين هياكل نسيجية وظيفية. وينتج عن اكتمال التكوين النسيجي تكوين أنسجة مكتملة النمو قادرة على أداء وظائف متخصصة. هذه العملية أساسية للتطور السليم للأعضاء والتنظيم العام للجسم.

ويتبع تكوين الأعضاء (تكوُّن الأعضاء) تكوُّن الأنسجة، حيث تنتظم الأنسجة في وحدات وظيفية. وخلال عملية التخلق العضوي، تتفاعل الطبقات الجرثومية الثلاث

- الأديم الظاهر والأديم المتوسط والأديم الباطن - وتتمايز أكثر لتكوين أعضاء محددة. يُشكّل الأديم الظاهر في المقام الأول أعضاء مثل الدماغ والحبل الشوكي، بينما يُنتج الأديم المتوسط القلب والكليتين والعضلات الهيكلية. ويشكل الأديم الباطن الأديم البنى الداخلية مثل الرئتين والكبد.

يتضمن تكوّن الأعضاء مسارات معقدة للإشارات والتنظيم الوراثي لضمان نمو الأعضاء في الموقع الصحيح والوظيفة المناسبة. وخلال عملية تكوّن الأعضاء، تهاجر الخلايا وتتكاثر وتخضع لموت الخلايا المبرمج حسب الضرورة لتشكيل الأعضاء النامية. ويكتسب مسار إشارات نوتش أهمية خاصة في تحديد مصير الخلايا والحفاظ على التوازن بين تكاثر الخلايا وتمايزها. تساهم إشارات Wnt في تحديد نمط الأعضاء وتشكّلها، مما يضمن تطور الأنسجة في المواقع والنسب الصحيحة. يمكن أن تؤدي الاضطرابات في هذه الإشارات إلى عيوب خلقية أو نمو غير طبيعي للأعضاء. هذه العملية ضرورية لتأسيس التشريح العام للجسم وعلم وظائف الأعضاء.

أثناء نمو الأعضاء، تتكامل أنواع متعددة من الأنسجة وتعمل معًا. على سبيل المثال، يتكون عضو مثل القلب من نسيج عضلي ونسيج ضام ونسيج عصبي، وكلها ضرورية لوظيفته. يتم توجيه تطور هذه الأعضاء من خلال مسارات إشارات معقدة تضمن هجرة الخلايا إلى المواقع الصحيحة، التمايز بشكل مناسب، وتشكيل الهياكل الصحيحة.

تواجه النظريات التطورية التي تفسر تكوين الأنسجة والأعضاء تحديات كبيرة. فتعقيد الأنسجة والأعضاء أكبر من أن يتم تفسيره من خلال عمليات التطور التدريجية التدريجية. تُظهر العديد من الأنسجة والأعضاء "تعقيدًا غير قابل للاختزال"، مما يعني أنها تتكون من أجزاء متعددة مترابطة لا يمكن أن تعمل إذا فقد أي جزء منها. ولا يمكن أن تكون مثل هذه الهياكل المعقدة قد تطورت بشكل تدريجي، لأنها ستكون غير وظيفية في المراحل الوسيطة.

وتفترض نظرية التطور أن البنى الجديدة، مثل الأنسجة والأعضاء، تنشأ من خلال التعديل التدريجي للبنى الموجودة. ومع ذلك، فإن هذا لا يفسر بشكل كافٍ نشأة تراكيب جديدة تمامًا ليس لها سلائف واضحة. على سبيل المثال، يُنظر إلى تطور الأعضاء المعقدة مثل الدماغ أو الجهاز المناعي على أنه من الصعب تفسيره من

خلال تغييرات صغيرة وتدريجية.

فالمعلومات الوراثية المطلوبة لبناء وتنظيم الأنسجة والأعضاء واسعة ومحددة للغاية، ومن غير المحتمل أن تنشأ مثل هذه المعلومات التفصيلية من خلال الطفرات العشوائية.

وتؤدي العوامل اللاجينية، التي تؤثر على التعبير الجيني دون تغيير تسلسل الحمض النووي، دوراً هاماً في تطور الأنسجة والأعضاء. ولا تفسر نظرية التطور، التي تركز بشكل أساسي على الطفرات الجينية، التعقيد الإضافي الذي أدخله التنظيم اللاجيني بشكل كامل. كما أنها تقصر في تفسير كيف يمكن أن تتطور الأنظمة البيولوجية المعقدة (التي تضم أنسجة وأعضاء متعددة متفاعلة) بشكل مستقل ثم تتكامل فيما بعد لتعمل بشكل متماسك ككائن حي موحد.

x. تكوين كائن حي متعدد الخلايا

وبمجرد تكوين الأعضاء الفردية ، يجب أن يتم دمجها في كائن حي متماسك وفعال. ويتحقق هذا التكامل من خلال التنظيم المكاني للأعضاء داخل الجسم، حيث يحتل كل عضو موقعًا محددًا يسمح له بالتفاعل مع الأعضاء والأجهزة الأخرى. على سبيل المثال، يجب أن يكون جهاز الدورة الدموية، الذي يشمل القلب والأوعية الدموية، متصلاً بشكل صحيح مع الأجهزة الأخرى مثل الجهاز التنفسي والجهاز الهضمي لدعم الحياة.

وطوال هذه العملية، تستمر الخلايا داخل الأنسجة والأعضاء في التخصص والتكيف مع أدوارها، وهي عملية تُعرف باسم التمايز الوظيفي. وهذا يضمن أداء كل جزء من أجزاء الكائن الحي لوظائفه المحددة بفعالية. ويُعد التنسيق والتفاعل بين الأعضاء والأجهزة المختلفة أمرًا ضروريًّا للحفاظ على الصحة العامة للكائن الحي متعدد الخلايا ووظائفه، ما يسمح له بالبقاء والنمو والتكاثر. ينطوي التفسير التطوري لتكوين كائنات متعددة الخلايا من الأعضاء على معالجة العديد من التحديات والتعقيدات الرئيسية.

يتطلب تكوين كائنات متعددة الخلايا من الأعضاء مستوى عالٍ للغاية من التكامل والتنسيق بين مختلف الأنظمة. ومن الصعب تفسير العمليات التطورية التي يمكن أن تؤدي إلى التطور المتزامن والأداء السلس لأنظمة أعضاء متعددة.

تتسم الأعضاء والأنظمة داخل الكائنات الحية متعددة الخلايا بالترابط الشديد، مما يعني أن وظيفة أحد الأنظمة تعتمد في كثير من الأحيان على الأداء السليم للأنظمة

الأخرى. ويجب أن تفسر التفسيرات التطورية التطور المتزامن للأعضاء والأنظمة المختلفة، لكل منها وظائف محددة وأوجه ترابط محددة، وتفسير كيفية تطور هذه الأنظمة المعقدة بطريقة منسقة ومتدرجة. لن توفر الأشكال الوسيطة ذات الأنظمة المتطورة جزئياً مزايا كافية لتفضيلها عن طريق الانتقاء الطبيعي.

هناك ندرة في الأشكال الانتقالية الواضحة في السجل الأحفوري التي توضح التطور التدريجي للكائنات البسيطة متعددة الخلايا إلى كائنات معقدة ذات أعضاء مكتملة التكوين. هذه الفجوة تجعل من الصعب تتبع المسارات التطورية التي أدت إلى تطور مثل هذه الهياكل المعقدة.

يمثل التنسيق الدقيق للتعبير الجيني والمسارات التنموية اللازمة لتكوين الأعضاء وتكاملها تحديات كبيرة. فالأخطاء الصغيرة في هذه العمليات يمكن أن تؤدي إلى اضطرابات في النمو، مما يثير تساؤلات حول كيفية تطور هذه الأنظمة الدقيقة بشكل تدريجي.

يتطلب تطور الكائنات الحية المعقدة متعددة الخلايا آليات قوية للتعامل مع الأخطاء والاختلافات. ويجب أن يفسر التفسير التطوري كيف تطورت أنظمة معالجة الأخطاء هذه وكيف تضمن استقرار ودقة تكوين الأعضاء ووظائفها.

b. هل يمكن للتطور أن يفسر أصل الحياة؟

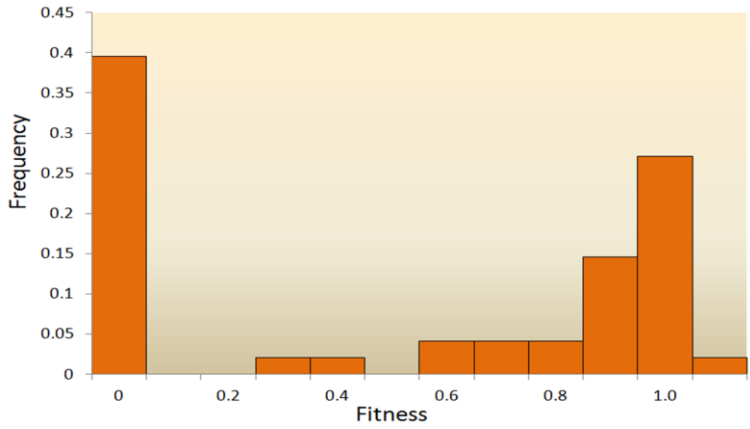
ناقشنا في القسم السابق نشأة الحياة، وتتبعنا تطورها من تكوين الأحماض الأمينية والحمض النووي الريبي والبروتينات والحمض النووي والحمض النووي والحمض النووي الريبي والحمض النووي الريبي والحمض النووي الريبي والحمض النووي البدائي النوى والخلايا البدائية النوى والخلايا الحقيقية النوى والأنسجة والأعضاء، مما أدى في النهاية إلى كائنات حية متعددة الخلايا. وقد تطورت هذه العمليات بشكل لا يمكن إنكاره بطريقة موجهة وموجهة نحو هدف واحد وهو تكوين الكائنات الحية.

وهذا يثير سؤالًا مهمًا: هل يمكن للتطور، الذي يعمل من خلال عمليات غير موجهة وعشوائية، أن يفسر هذه التطورات المعقدة وأصل الحياة بشكل كافٍ؟ اقترح علماء التطور نظريات مختلفة لمعالجة هذا السؤال. تشمل النظريات الأساسية للتطور الانتقاء الطبيعي، والطفرة، والانجراف الجيني، والانتقال الأفقي للجينات. دعونا نلقي نظرة سريعة على كل نظرية من هذه النظريات.

الانتقاء الطبيعي هو العملية التي يعيش فيها الأفراد الذين يتمتعون بصفات مفيدة ويتكاثرون بنجاح أكبر، مما يؤدي إلى أن تصبح هذه الصفات أكثر شيوعًا في مجموعة سكانية على مر الأجيال. ويعمل الانتقاء الطبيعي على الاختلافات الموجودة

في الكائنات الحية. وبالتالي، فإن أصل الحياة وتكوين لبناتها الأساسية (الأحماض الأمينية والحمض النووي الريبي والبروتينات والحمض النووي) وتراكيبها (الخلايا والأنسجة والأعضاء والكائنات متعددة الخلايا) تتطلب تفسيرات تتجاوز الانتقاء الطبيعي، حيث تفتقر هذه العمليات إلى الشروط المسبقة الضرورية (التكاثر والوظائف) لكي يعمل الانتقاء.

الطفرات هي تغيُّرات عشوائية في الحمض النووي للكائن الحي يمكن أن تُدخِل تباينًا وراثيًّا، وتؤدي أحيانًا إلى سمات أو تكيفات جديدة. وتواجه الطفرات تحديات لأن معظم الطفرات ضارة أو محايدة وليست مفيدة، مما يجعل من غير المرجح أن تحدث الطفرات المفيدة بشكل متكرر بما يكفي لإحداث تغيير تطوري كبير. على سبيل المثال، توضح دراسة حول توزيع تأثيرات اللياقة البدنية (DFE) للطفرات العشوائية في فيروس التهاب الفم الحويصلي هذه المشكلة. فمن بين جميع الطفرات، كان 39.6% منها مميتة، و31.2% منها غير مميتة وضارة، و27.1% منها محايدة.



الشكل 3.6. توزيع تأثير اللياقة البدنية

إذا تم إدخال النيوكليوتيدات أو حذفها (مما يسبب طفرات التحول الإطاري)، أو إذا تم إنشاء أو إزالة كودونات التوقف عن طريق الطفرات، يتم إنتاج بروتينات غير وظيفية. هذا هو السبب الرئيسي، بالنظر إلى العدد الكبير من الأحماض الأمينية في بروتينات الكائنات الحية (على سبيل المثال، من 20 إلى 33,000 في البروتينات

البشرية)، فإن احتمال حدوث تطور كبير من خلال هذه الطفرات العشوائية أمر مستحيل (راجع القسم "د" في هذا الفصل لمزيد من التفاصيل). بالإضافة إلى ذلك، الطفرات العشوائية لا يمكن أن تفسر النشوء الأولي للحياة من مواد غير حية.

ويعتمد الانجراف الوراثي على التغيرات العشوائية في ترددات الأليل، وهو ما قد لا يفسر بشكل كافٍ التعقيد التكيُّفي الذي لوحظ في الكائنات الحية. ويكون الانجراف الوراثي أكثر وضوحًا في التجمعات السكانية الصغيرة، مما يجعل تأثيره أقل أهمية في التجمعات السكانية الأكبر حيث يحدث معظم التطور. وبالإضافة إلى ذلك، فإنه يفتقر إلى القوة الاتجاهية اللازمة لتفسير تطور الهياكل والأنظمة المنظمة للغاية. وعلاوة على ذلك، لا يمكن للانجراف الوراثي أن ينتج معلومات أو وظائف جديدة، وبالتالي يفشل في تفسير ظهور السمات الجديدة أو أصل السمات البيولوجية المعقدة.

الانتقال الأفقي للجينات (HGT) هو انتقال المادة الوراثية بين كائنات حية غير مترابطة وليس عن طريق الوراثة، وهو ما يسهم في التباين الجيني. ويواجه الانتقال الجيني الأفقي للجينات مشكلات عند تفسير الصفات المعقدة في الكائنات الحية متعددة الخلايا لأن دور الانتقال الجيني الأفقي للجينات يقتصر في المقام الأول على بدائيات النوى، مع تأثير أقل على الكائنات الحية العليا. فغالبًا ما يتطلب دمج الجينات الغريبة في جينوم المضيف آليات تنظيمية دقيقة، والتي من غير المرجح أن تتطور في وقت واحد. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدي التحوير الجيني عالي التحوير إلى عدم الاستقرار الجيني، مما قد يؤدي إلى طفرات ضارة. كما أن الطبيعة العشوائية لاكتساب الجينات من خلال التحوير الجيني البشري تثير تساؤلات حول قدرتها على إنتاج تكيفات منسقة ووظيفية. ولا يفسر التحوُّل الجيني الجيني البشري أصل الجينات الجديدة بل نقل الجينات الموجودة، ويفشل في معالجة ظهور سمات جديدة.

يلخص الجدول التالي قابلية تطبيق النظريات التطورية على عمليات التولد الحيوي والعمليات الوراثية.

نظريات التطور	هل يمكن أن يفسر التولد الحيوي؟	هل يمكن تفسير تكوين الحمض النووي الريبوزي والبروتين والحمض النووي؟	التكيف الوراثي، وليس التطور؟
الانتقاء الطبيعي	لا يوجد	لا يوجد	نعم
الطفرات	لا يوجد	لا يوجد	نعم
الانجراف الوراثي	لا يوجد	لا يوجد	نعم
HGT	لا يوجد	لا يوجد	غير متاح

الجدول 3.2. نظريات التطور: قابلية التطبيق على التولد الحيوي وعلم الوراثة (*: انظر القسم التالي للتكيف الجيني)

وكما هو موضح في الجدول، تفشل النظريات التطورية الرئيسية في في تفسير أصل الحياة على الأرض والآليات الكامنة وراء تكوين المكونات البيولوجية الأساسية مثل الحمض النووي الريبي والبروتينات والحمض النووي. وهذا يشير إلى أن النماذج التطورية المطبقة على الخلايا والأنسجة والأعضاء وأشكال الحياة الموجودة لا تشكل تفسيرات حقيقية لأصل الحياة نفسها أو تطورها. فبدلاً من معالجة نشأة الحياة من مادة غير حية، فإن هذه النظريات تصف فقط كيفية تطور الحياة بمجرد أن تكون اللبنات الأساسية - الحمض النووي الريبي والبروتينات والحمض النووي - موجودة بالفعل، مثلها مثل شرح تفاصيل عملية تجميع سيارة أو بناء مبنى دون شرح كيفية وجود المواد الخام والأجزاء.

وتصف النظريات التطورية المطبقة على الكائنات الحية في المقام الأول العمليات الوراثية والكيميائية الحيوية التي تمكنها من التكيف مع البيئات المتغيرة. ومع ذلك، فإن هذه التكيفات والسلوكيات لا تنشأ حديثاً بفعل التطور، بل هي مشفرة بالفعل ضمن معلوماتها الوراثية. ونظراً لهذا القصور، فإن النظريات التطورية يمكن تسميتها بشكل أدق "نظرية التكيف الوراثي" (انظر القسم التالي)، لأنها تتناول في المقام الأول الطرق التي تتكيف بها الكائنات الحية مع الضغوط البيئية من خلال الآليات الوراثية الموجودة مسبقاً.

وعلى الرغم من هذه القيود الحاسمة، فقد تم الترويج لنظرية التطور بشكل مفرط، مما خلق مفاهيم خاطئة واسعة الانتشار. ويعتقد الكثير من الناس الآن خطأً أنها يمكن أن تفسر الانتقال من المادة غير الحية إلى الكائنات الحية وتطور أشكال الحياة المعقدة.

لتشييد مبنى، نحتاج إلى مخططات ومواد بناء وأساس متين لنبدأ به. وتشبه نظريات التطور محاولة تشييد مبنى بدون مخططات (الاتجاهية)، ومواد بناء (الحمض النووي الريبي (RNA)، البروتينات، والحمض النووي)، وأساس (الأصل الأولي للحياة). وبدون هذه الأشياء، لا يمكن تشييد المباني.

تمامًا كما ندرك أن مخططات المبنى صممها مهندس معماري، يجب أن نعترف أيضًا أن جميع الكائنات الحية صممها وخلقها الله الخالق الإلهي.

c. نظرية داروين: نظرية التطور أم نظرية التكيف الوراثي؟

يصنف التطور بشكل عام إلى نوعين: التطور الجزئي والتطور الكلي. يشير التطور الجزئي إلى تغيرات صغيرة النطاق داخل الأنواع بمرور الوقت. ويمكن ملاحظة هذه التغييرات خلال فترات زمنية قصيرة وغالباً ما تنطوي على التكيف مع البيئة. أما التطور الكلي، من ناحية أخرى، فينطوي على تغيرات واسعة النطاق تحدث على مدى فترات جيولوجية طويلة، مما يؤدي إلى تكوين أنواع جديدة ومجموعات تصنيفية أوسع.

يقترح علماء الأحياء التطوريون أن الآلية الأساسية للتطور الكلي هي تراكم العديد من التغيرات الجزئية على مر الزمن. يتفق الناس على وجود أدلة على التطور الجزئي، ولكن لا يوجد دليل مقنع على التطور الكلي. إذا كان للداروينية أن تُسمى نظرية التطور، فيجب أن تُظهر الأدلة على التطور الكلي. والدليل الأكثر إقناعًا على التطور الكلي هو وجود الأنواع الانتقالية. فقد ورد في الفصل السادس (الصعوبات التي تواجه النظرية) من كتاب داروين "في أصل الأنواع "لماذا، إذا كانت الأنواع قد انحدرت من أنواع أخرى بتدرجات دقيقة لا يمكن إدراكها، ألا نرى في كل مكان أشكالاً انتقالية لا حصر لها؟ وغالبًا ما يشار إلى هذا النقص في الأدلة على الأنواع الانتقالية باسم "معضلة داروين".

يمكن أن تكون الحفريات التي غالباً ما توصف بأنها "انتقالية" مجرد تنويعات داخل نوع ما أو أشكال غير ذات صلة تماماً. هذا الغموض يجعل من الصعب تحديد الأشكال الانتقالية الحقيقية بشكل قاطع. على سبيل المثال، يعتبر تيكتاليك على نطاق واسع أحفورة انتقالية وتعتبر واحدة من أهم الاكتشافات في دراسة تطور الفقاريات. ومع ذلك، تكشف ورقة نيتشر التي نشرها نيدزفيدزكي وآخرون عن مسارات أثرية محفوظة بشكل جيد لرباعيات الأرجل تسبق تيك تيكتيكاليك بحوالي 18 مليون سنة. تشير المسارات المكتشفة إلى أن رباعيات الأرجل المكتشفة تشير إلى أن رباعيات الأرجل المكتملة النمو كانت تمشي بالفعل على الأرض في وقت أبكر بكثير مما كان يُعتقد سابقًا. وبما أن تيكتاليك يعود تاريخها إلى حوالي 375 مليون سنة مضت، فإن وجود مسارات أثر أقدم لرباعيات الأرجل يتحدى دورها كشكل انتقالي مباشر بين الأسماك ورباعيات الأرجل.

إذا لم تكن هناك أدلة مقنعة على وجود أنواع انتقالية، فإن نظرية داروين قد أساءت التسمية، وينبغي أن تسمى نظرية التكيف الوراثي بدلاً من نظرية التطور. ويرتبط السبب في ذلك بدورات ميلانكوفيتش، التي تؤثر على أنماط المناخ ولعبت دورًا في تشكيل التكيفات الجينية على مر الزمن.

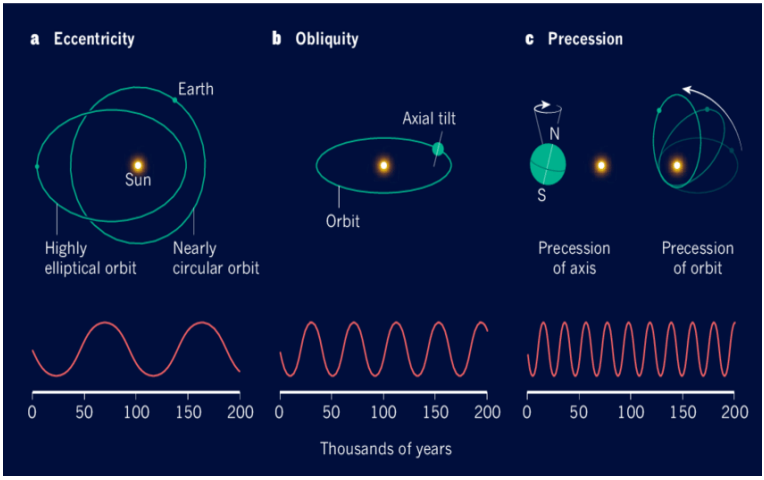
- دورات ميلانكوفيتش

تتذبذب الانحراف المركزي للأرض من دائرية تقريباً إلى بيضاوية الشكل على مدى 100,000 سنة. ويؤثر التغير في الانحراف المركزي على الأنماط المناخية، مما يساهم في توقيت الفترات الجليدية والفترات الجليدية.

يتراوح الميل المحوري للأرض (الميل) بين 22.1 درجة و24.5 درجة على مدار دورة مدتها 41,000 سنة. ويؤثر هذا الميل على توزع الإشعاع الشمسي بين خط الاستواء والقطبين، مما يؤثر على شدة الفصول ويلعب دوراً حاسماً في الأنماط المناخية الطويلة الأجل وديناميات العصر الجليدي .

تنطوي بادرة محور دوران الأرض على التغير التدريجي في اتجاه المحور على مدار دورة مدتها 26000 سنة. ويتسبب هذا التذبذب في تغيير توقيت الفصول بالنسبة إلى موقع الأرض في مدارها. وتؤدي هذه الآلية إلى تغيير كثافة الفصول وتوقيتها، مما يؤثر على النظام المناخي العام للأرض.

تُعرف التأثيرات المجتمعة للتغيرات في الانحراف المركزي والميل المحوري وسبْق محور الدوران مجتمعة باسم دورات ميلانكوفيتش. تسبب هذه الدورات تغيرات مناخية عالمية طويلة الأجل. وتعد الصحراء الكبرى مثالاً جيداً على تغير المناخ. فخلال فترات زيادة الإشعاع الشمسي، تشهد الصحراء الكبرى هطول المزيد من الأمطار، مما يحولها إلى مناظر طبيعية خضراء مورقة ذات بحيرات وأنهار. وعلى العكس من ذلك، يؤدي انخفاض الإشعاع الشمسي إلى ظروف قاحلة، مما يحول المنطقة إلى صحراء شاسعة كما هو الحال اليوم.

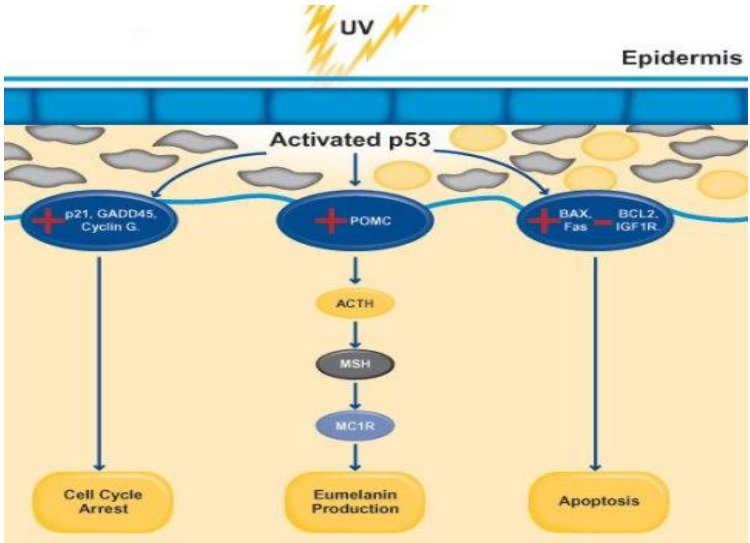


الشكل 3.7. مكونات دورات ميلانكوفيتش

وعندما تحدث مثل هذه التغيرات، تتكيف جميع الكائنات الحية على الأرض مع البيئات المتغيرة من خلال التكيف الجيني. وتتيح هذه الآلية الرائعة، المشفرة في الحمض النووي، للكائنات الحية البقاء على قيد الحياة لفترات طويلة دون أن تنقرض. وفي حين دأب التطوريون على تسمية هذه القدرة على التكيف بـ "التطور"، إلا أن هذا التصنيف مضلل؛ إذ ينبغي أن توصف بشكل أدق وأكثر علمية بأنها "تكيف جيني". دعوني أوضح بعض الأمثلة التي يمكن أن تدعم مفهوم "نظرية التكيف الجيني".

- التكيف الوراثي مع الأشعة فوق البنفسجية

إذا تعرضت بشرة الإنسان للأشعة فوق البنفسجية القوية بسبب تغير المناخ، فإن آلية معقدة تشمل العديد من البروتينات والهرمونات تؤدي إلى زيادة إنتاج الميلانين من خلال تنشيط جينات معينة.



الشكل 3.8. آلية إنتاج الميلانين

تتسبب الأشعة فوق البنفسجية في تلف الحمض النووي في خلايا الجلد. ينشط هذا التلف بروتين p53، وهو منظم أساسي لاستجابة الخلية للإجهاد والضرر. يعمل بروتين p53 المُنَشّط

كعامل نسخ، مما يعزز التعبير عن العديد من الجينات المشاركة في الاستجابة الوقائية للتلف الناتج عن الأشعة فوق البنفسجية. يحفز بروتين P53 التعبير عن جين بروـأوبيوميلانوكورتين (POMC). إن POMC هو عبارة عن سليفة متعددة الببتيد يمكن شقها إلى عدة ببتيدات أصغر ذات وظائف مختلفة. تتم معالجة POMC إلى ببتيدات متعددة، بما في ذلك الهرمون الموجه لقشر الكظر (ACTH) والهرمون المنبه للخلايا الصباغية (MSH).

يرتبط هرمون MSH بمستقبل الميلانوكورتين 1 (MC1R) على سطح الخلايا الصباغية، وهي الخلايا المسؤولة عن إنتاج الميلانين. ويؤدي ارتباط الهرمون الميلاني الصباغي MSH بمستقبل MC1R إلى تنشيط المستقبل الذي يحفز سلسلة من الإشارات داخل الخلايا الصباغية. يؤدي تنشيط MC1R إلى زيادة تنظيم الجينات المشاركة في تخليق الميلانين. وتزيد الخلايا الصباغية من إنتاج الميلانين، وهو صبغة تمتص الأشعة فوق البنفسجية وتبددها وبالتالي تحمي الحمض النووي لخلايا الجلد من المزيد من التلف الناتج عن الأشعة فوق البنفسجية.

يتم تعبئة الميلانين في جسيمات الميلانين، والتي تنتقل بعد ذلك إلى الخلايا الكيراتينية، وهي نوع الخلايا السائد في الطبقة الخارجية من الجلد. يشكل الميلانين غطاءً واقيًا فوق نوى الخلايا الكيراتينية، مما يحمي الحمض النووي من الأشعة فوق البنفسجية.

وهذا أحد أمثلة التكيف الجيني استجابةً لتغير البيئة خلال فترة زمنية قصيرة نسبيًا.

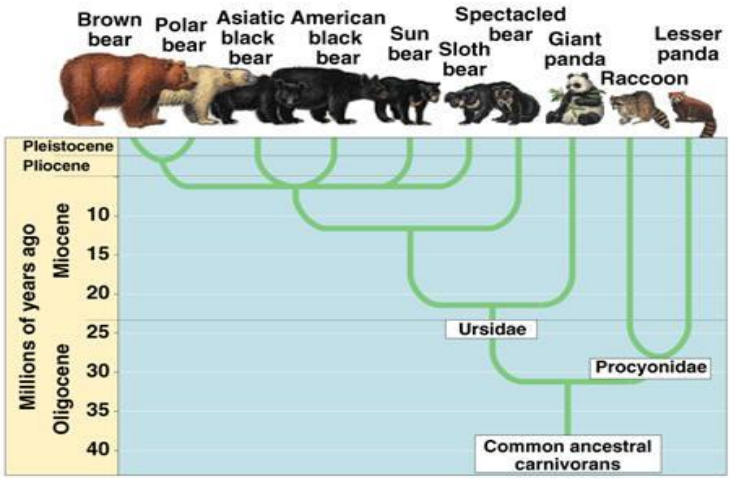
- التكيف الوراثي مع بيئة القطب الشمالي

طور الإنويت تكيفات جينية تمكنهم من الازدهار في بيئة القطب الشمالي القاسية. وتشمل أوجه التكيّف الرئيسية المتغيرات في مجموعة جينات الأحماض الدهنية المزيلة للتشبع (FADS)، والتي تعزز قدرتهم على استقلاب أحماض أوميغا 3 وأوميغا 6 الدهنية من نظامهم الغذائي التقليدي الغني بالدهون من الثدييات البحرية. بالإضافة إلى ذلك، تعمل التغييرات الجينية في جين الكارنيتين بالميتويل ترانسفيراز 1A (CPT1A) على تحسين إنتاج الطاقة من الدهون، وهو أمر ضروري للحفاظ على حرارة الجسم. هذه التكيفات تقلل من خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية على الرغم من اتباع نظام غذائي غني بالدهون. علاوة على ذلك، فإن التكيف في الجينات التي تنظم نشاط الدهون البنية يعزز توليد الحرارة، مما يساعد الإنويت على توليد الحرارة والحفاظ على درجة حرارة الجسم في البرد القارس. وتدعم هذه التكيفات الجينية مجتمعة بقاءهم على قيد الحياة في ظروف الطقس البارد. ويبدو أن هذه التغييرات تعود إلى ما لا يقل عن 20,000 سنة مضت، عندما كان أسلاف الإنويت يعيشون حول مضيق بيرينغ بين روسيا وألاسكا. وهذا مثال آخر على التكيف الجيني مع البيئة المتغيرة.

الشكل 3.9. الإنويت الذين تكيفت جيناتهم مع البيئة الباردة

- الدب البني إلى الدب القطبي عبر التكيف الوراثي

ويُعد الانتقال من الدببة البنية إلى الدببة القطبية مثالاً جيداً على التكيف الجيني المدفوع بالضغوط البيئية. فمنذ حوالي 400,000 سنة مضت، أصبحت مجموعة من الدببة البنية معزولة في القطب الشمالي، حيث واجهت تحديات مختلفة للبقاء على قيد الحياة. تم اختيار التغييرات الوراثية التي منحت مزايا في البيئة الجليدية القاسية بشكل طبيعي بمرور الوقت.



الشكل 3.10. الدب البني والدب القطبي

وتشمل عمليات التكيف الرئيسية التغيرات في الجينات المتعلقة باستقلاب الدهون، مثل جين

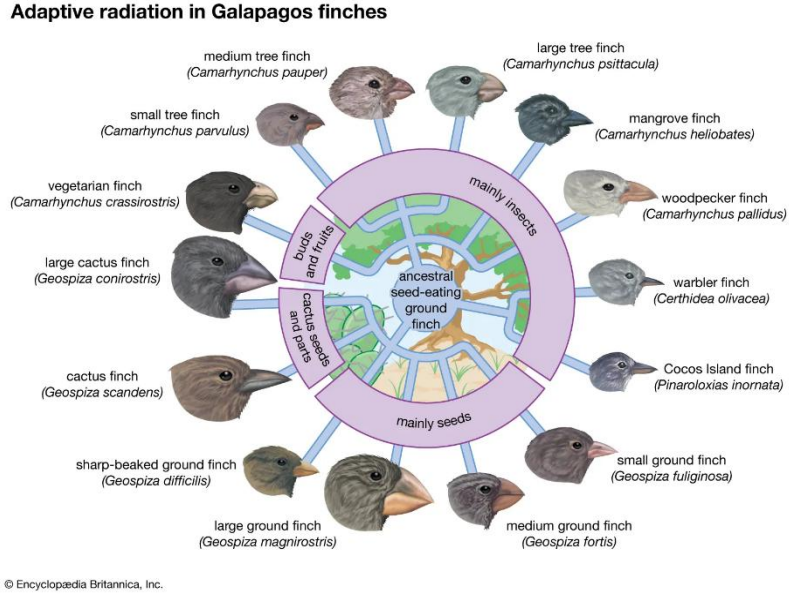
البروتين الشحمي ب (APOB)، الذي أدى إلى تحسين القدرة على معالجة النظام الغذائي الغني بالدهون من الفقمة، وهو مصدر الغذاء الرئيسي لها. كما أدت التكيفات في الجينات مثل مستقبلات الإندوثيلين من النوع B (EDNRB) والغائب في الورم الميلاني 1 (AIM1) إلى تطوير الفراء الأبيض، مما يوفر التمويه ضد الثلج والجليد. بالإضافة إلى ذلك، عززت التغييرات الجينية التي تؤثر على الهيكل العظمي للدببة ومورفولوجيا أطرافها قدراتها على السباحة ، وهو أمر بالغ الأهمية للصيد في مياه القطب الشمالي.

سمحت هذه التكيّفات الجينية للدببة القطبية باستغلال موارد القطب الشمالي بكفاءة، والبقاء على قيد الحياة في البرد القارس، وأصبحت متميزة عن أسلافها من الدببة البنية. من المهم أن نلاحظ أنه على الرغم من 400,000 سنة من التغيرات الجينية، إلا أنها لا تزال دببة ولم تتحول إلى نوع مختلف.

- تغير المناقير في طيور البرقش عن طريق التكيف الوراثي

إن التغير في حجم المنقار وشكله في عصافير داروين هو مثال كلاسيكي على التكيف الوراثي استجابة للضغوط البيئية. ففي جزر غالاباغوس، غيّرت العصافير في جزر غالاباغوس أشكال منقارها المختلفة لاستغلال مصادر الغذاء المختلفة. فخلال فترات الجفاف، عندما تكون البذور الصلبة هي مصدر الغذاء الرئيسي، فإن العصافير ذات المناقير الأكبر والأقوى من المرجح أن تتمتع بميزة انتقائية وتتكاثر. وعلى العكس من ذلك، عندما تتحول البيئة إلى تفضيل الأطعمة اللينة، تتمتع العصافير ذات المناقير الأصغر حجماً والأكثر رشاقة بميزة انتقائية. هذه التكيفات هي نتيجة لتغيرات في جينات محددة، مثل الجين المثلي الشبيه بالأرسطاليس 1 (ALX1)، الذي يؤثر على شكل المنقار، وجين مجموعة الخطاف عالي الحركة AT-hook 2 (HMGA2)، الذي يؤثر على حجم المنقار.

ويؤثر التغير في البيئة على هذه الاختلافات الجينية، مما يؤدي إلى تنوع أشكال المنقار الملائمة لمختلف المنافذ البيئية. وعلى مر الأجيال، تمكن هذه التكيفات الوراثية طيور البرقش من استغلال الموارد المتاحة بكفاءة، مما يوضح كيف يمكن للتغيرات الجينية أن تؤدي إلى أشكال وأحجام منقار متنوعة استجابة للتحديات البيئية. لقد عاشت طيور البرقش في جزر غالاباغوس لحوالي مليوني سنة. وعلى الرغم من هذه الفترة الطويلة، إلا أنها ظلت عصافير الزعانف ولم تتحول إلى أنواع مختلفة (أي لم يحدث تطور كبير).



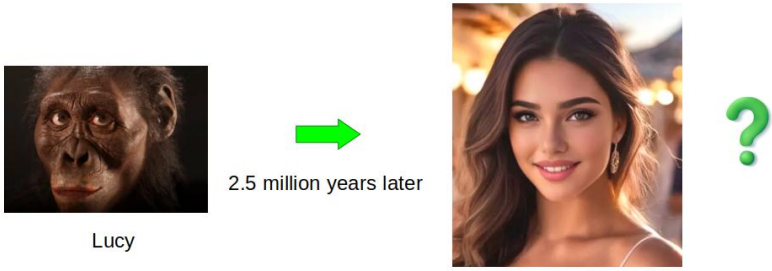
الشكل 3.11. مناقير عصافير غالاباغوس

في الختام، ينبغي أن يُطلق على "نظرية التطور" التي وضعها داروين "نظرية التكيف الجيني"، حيث لا يوجد دليل مقنع على التطور الكلي. يشير مصطلح "التطور الجزئي" إلى التغيرات الصغيرة النطاق في ترددات الأليلات داخل مجموعة سكانية ما بمرور الوقت، في حين أن التكيف الجيني يصف على وجه التحديد التغيرات التي تعزز قدرة الكائن الحي على البقاء والتكاثر في بيئته. ولذلك، عند الإشارة إلى التغييرات التي تعزز البقاء على قيد الحياة، فإن مصطلح "التكيف الجيني" ليس أكثر ملاءمة فحسب، بل هو دقيق علمياً أيضاً، على عكس مصطلح "التطور" الذي يُساء استخدامه على نطاق واسع.

d. هل تطورنا من القردة؟

يشير علماء الأنثروبولوجيا إلى أن التطور البشري بدأ من الهومينوديا منذ حوالي 20.4 مليون سنة. وانقسمت الهومينويديا إلى Hominoidea إلى و Hylobatidae (قردة الجيبون). ثم انقسمت فصيلة أشباه البشر إلى أشباه البشر وبونجيناي (قردة الأورانجوتان). ثم انقسمت فصيلة أشباه البشر إلى

أشباه البشر (الهومينيني) والغوريليني (الغوريلا). انقسمت أشباه البشر إلى أشباه البشر (أوسترالوبيثينا) وبانينا (الشمبانزي). ثم انقسم الهومينينا في نهاية المطاف إلى أوسترالوبيثكس وأرديبيثكس. تطور البشر من أوسترالوبيثكس منذ حوالي 2.5 مليون سنة مضت من خلال الهومو هابيليس والإنسان المنتصب والإنسان العاقل.



الشكل 3.12. هل تطورنا من القردة؟

دعونا نناقش ما إذا كان من الممكن أن يكون البشر قد تطوروا من أسترالوبيثكس (القردة) من خلال التغيرات الجينية على مدى 2.5 مليون سنة الماضية. الخرائط الوراثية البشرية موجودة، ولكن لا توجد خرائط جينية متاحة لأسترالوبيثكس. كان حجم دماغ لوسي، أشهر قردة أوسترالوبيثكس الأسترالوبيثيكوس، مماثلاً لحجم دماغ الشمبانزي الحديث. لذلك، دعونا نفترض أن جينات أوسترالوبيثكس تشبه جينات الشمبانزي. تختلف تسلسلات الحمض النووي للبشر والشمبانزي بحوالي 1.23% بسبب تعدد أشكال النوكليوتيدات المفردة (SNPs)، وهي عبارة عن تغيرات زوجية قاعدية مفردة في تسلسل الحمض النووي. عند النظر في عمليات الإدراج والحذف (الإندل) للأزواج القاعدية في الجينوم، يزداد الفرق الكلي. الإندلز هي أجزاء من الحمض النووي موجودة في أحد النوعين وغير موجودة في النوع الآخر. وهذه يمكن أن تمثل فرقًا إضافيًا بنسبة 3% في الجينوم. وبشكل عام، في حين أن البشر والشمبانزي يشتركان في حوالي 98-99% من تسلسل الحمض النووي الخاص بهما، فإن الاختلاف المتبقي بنسبة 1-2%، إلى جانب الاختلافات في تنظيم الجينات، يمثل الاختلافات الجسدية والمعرفية والسلوكية الكبيرة بين النوعين.

من المعروف أن معدل الطفرات في الشمبانزي يبلغ حوالي طفرة واحدة لكل 100 مليون زوج قاعدي لكل جيل، وهو ما يماثل معدل الطفرات في البشر. إذا افترضنا أن الجيل الواحد من أوسترالوبيثكس يساوي 25 سنة، فإن 100,000 جيل سيكون قد مرّ خلال 2.5 مليون سنة. خلال هذه الفترة، سيكون معدل الطفرة الكلي 0.1% (100,000 / 100 مليون). ويمثل معدل الطفرة هذا 10% فقط

من الفرق الجيني بين البشر والشمبانزي. وبالتالي، يبدو من غير المحتمل أن يتطور الأسترالوبيثكس إلى بشر خلال 2.5 مليون سنة. يفترض هذا التقدير أن جميع الطفرات مفيدة، على الرغم من أن معظم الطفرات ضارة.

ويمكن دراسة هذه الحجة أيضًا من خلال النظر في تغيير الكودونات من خلال الطفرات الجينية العشوائية. لدى كل من البشر والشمبانزي ما يقرب من 20,000 إلى 25,000 جين مشفر بروتيني. وبسبب الربط البديل والتعديلات ما بعد الترجمة، يمكن أن ينتج كل جين متغيرات بروتينية متعددة، مما ينتج عنه ما يقدر ب 80,000 إلى 100,000 بروتين وظيفي فريد. ويتراوح عدد الأحماض الأمينية في البروتينات البشرية من 20 إلى 33,000 حمض أميني. وعلى افتراض أن 1% من الجينات تختلف بين البشر والشمبانزي، وكلا النوعين لديه 20,000 جين مشفر بروتيني بمتوسط 100 حمض أميني لكل بروتين، فإننا نتوقع أن يتطلب كل بروتين في الشمبانزي طفرة حمض أميني واحدة لمطابقة نظيره البشري.

ولكي تحدث هذه الطفرات في الحمض النووي للشمبانزي، يجب تجنب تحوير الكودونات إلى كودونات إيقاف (UAA، UAG، UGA) من بين 64 كودوناً ممكناً لأن مثل هذه التغييرات ستؤدي إلى بروتينات غير وظيفية. إن احتمالية تحقيق معدل الطفرات هذا بنسبة 1% عبر 20,000 بروتين دون تحوير إلى كودونات الإيقاف وكودون الشمبانزي نفسه هو $(64/60)^{20000} = 10^{(-)(561)}$. وحتى من دون الأخذ بعين الاعتبار طفرات التحول الإطاري (إدخال أو حذف النيوكليوتيدات)، فإن هذا الاحتمال منخفض للغاية ومن المستحيل عملياً أن يحدث بالصدفة العشوائية. تشير هذه الحجة إلى أن التغييرات التطورية الكلية، مثل الانتقال من أوسترالوبيثكس إلى البشر، مستحيلة عملياً من خلال الطفرات العشوائية.

e. التصميم الذكي

التصميم الذكي، الذي غالبًا ما يُعتبر مرادفًا لنظرية الخلق، هو النظرية العلمية التي تقول بأن أفضل تفسير للكون والكائنات الحية هو سبب ذكي وليس عمليات غير موجهة مثل الانتقاء الطبيعي أو العملية العشوائية. ومن القضايا البارزة المتعلقة بالتصميم الذكي محاكمة المحكمة الفيدرالية لعام 2005 التي عقدت في دوفر، بنسلفانيا، الولايات المتحدة الأمريكية. بدأت هذه المحاكمة عندما رفع أولياء الأمور دعوى قضائية تدعي أن

تدريس التصميم الذكي في المدارس العامة ينتهك الدستور. وقد جادل الوالدان بأن التصميم الذكي ديني بطبيعته وأن تدريسه في المدارس العامة يتعارض مع بند التأسيس في الدستور الأمريكي، والذي ينص على الفصل بين الكنيسة والدولة.

خلال المحاكمة، قدم مؤيدو التصميم الذكي والتطور حججهم الخاصة بهم. كان عالم الكيمياء الحيوية مايكل بيهي من الشخصيات البارزة التي تمثل التصميم الذكي الذي أكد أن الهياكل المعقدة للكائنات الحية لا يمكن تفسيرها بالانتخاب الطبيعي وحده، واقترح إمكانية أن تكون بعض السمات قد تشكلت بفعل سبب ذكي.

ومع ذلك، رفضت المحكمة حجج بيه وغيره من مؤيدي التصميم الذكي، وبدلاً من ذلك قبلت المحكمة مواقف دعاة التطور. حكم القاضي بأن تدريس التصميم الذكي غير دستوري، وبالتالي اعتبر تدريس التصميم الذكي في مدارس دوفر العامة غير قانوني.

تكمن المشكلة الرئيسية في هذا الحكم في قبول المحكمة غير النقدي للحجج التي قدمها أنصار التطور والأوراق العلمية ذات الصلة. فقد افترضت هذه الأوراق ضمنيًا أن الحياة نشأت بالصدفة العشوائية، وأساءت تفسير التكيف الجيني مع البيئة كدليل على التطور. ومع ذلك، وكما هو ملخص في الجدول 3.2، فإن نظريات التطور تنطبق فقط على الكائنات الحية الموجودة ولا يمكن أن تفسر أصل الحياة. بالإضافة إلى ذلك، لا تصف النظريات التطورية سوى سلوك الجينات المضمنة بالفعل في الشفرة الوراثية. ومع ذلك، فشلت المحكمة في النظر في هذه الحقائق العلمية في قرارها، مما أثار مخاوف كبيرة بشأن عدالة الحكم.

ويُعد ويليام بالي، فيلسوف القرن الثامن عشر، شخصية أساسية في هذا الجدل، وقد اشتهر بتوضيحه من خلال تشبيهه لصانع الساعات. جادل بالي بأنه مثلما يشير تعقيد الساعة إلى وجود مصمم، كذلك فإن تعقيد الحياة والكون يشير إلى وجود خالق إلهي. وقد أرست أفكاره الأساس لنظرية التصميم الذكي الحديثة. تشمل المفاهيم الرئيسية للتصميم الذكي التعقيد المحدد، والتعقيد غير القابل للاختزال، والضبط الدقيق. تم عرض العديد من الأمثلة على الضبط الدقيق في الفصلين 1 و 2. والآن، دعونا نفحص التعقيد المحدد والتعقيد غير القابل للاختزال بالتفصيل.

i. التعقيد المحدد

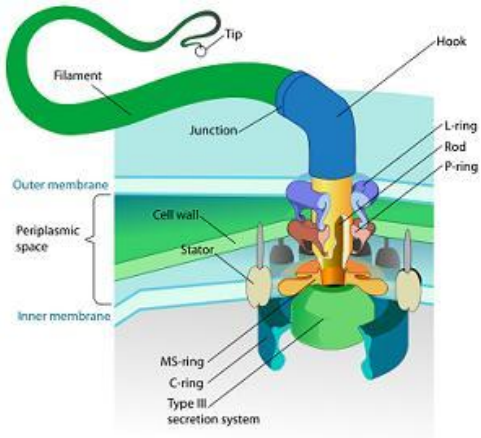
يفترض مفهوم التعقيد المحدد، وهو مفهوم رئيسي في التصميم الذكي، أن بعض الأنماط في الطبيعة معقدة للغاية ومرتبة خصيصًا لتحقيق وظيفة معينة، مما يشير إلى تصميم هادف. وخلافاً

للتعقيد العشوائي، فإن التعقيد المحدد ليس معقداً فحسب، بل هو مرتب أيضاً بطريقة تحقق نتيجة محددة. تشير هذه الخاصية المزدوجة إلى أنه من غير المرجح أن تكون هذه الأنماط قد نشأت بالصدفة وحدها.

أحد الأمثلة على التعقيد المحدد هو تركيب الحمض النووي. فمتتالية النيوكليوتيدات في الحمض النووي معقدة للغاية، حيث توجد مليارات التركيبات المحتملة في الشريط الواحد. ويضمن هذا التعقيد أن الترتيب ليس نتيجة عمليات عشوائية بسيطة. كما أن آليات تضاعف الحمض النووي وآليات إصلاحه تبرز تعقيده. وتتضمن هذه العمليات العديد من البروتينات والإنزيمات التي تعمل بالتنسيق فيما بينها لنسخ المعلومات الوراثية والحفاظ عليها بدقة. إن تسلسل النيوكليوتيدات ليس معقدًا فحسب، بل هو أيضًا شديد التعقيد، لأنه يشفر تعليمات دقيقة لتخليق البروتينات. يتوافق كل جين في تسلسل الحمض النووي مع بروتين معين، وحتى التغييرات الصغيرة في التسلسل يمكن أن تؤثر بشكل كبير على وظيفة البروتين الناتج. كما يحتوي الحمض النووي أيضًا على عناصر تنظيمية تتحكم في توقيت ومكان التعبير عن الجينات، مما يضيف طبقة أخرى من الخصوصية إلى وظيفته.

من غير المرجح أن يكون التعقيد المحدد الذي لوحظ في الحمض النووي قد نشأ من خلال عمليات غير موجهة مثل الطفرات العشوائية والانتخاب الطبيعي. وبدلاً من ذلك، فإنه يشير إلى أن السبب الذكي هو التفسير الأكثر منطقية لأصل هذه المعلومات المعقدة والمحددة وظيفياً.

مثال آخر على التعقيد المحدد هو السوط البكتيري، وهو هيكل آلي يشبه السوط تستخدمه بعض البكتيريا في الحركة. إليك نظرة مفصلة عن سبب اعتبار السوط البكتيري مثالاً للتعقيد المحدد.



الشكل 3.13. السوط البكتيري

يتألف السوط البكتيري من حوالي 40 بروتيناً مختلفاً تشكل مكونات مختلفة مثل الخيط والخطاف والجسم القاعدي. يعمل الجسم القاعدي نفسه مثل المحرك الدوار، مع وجود محرك دوار وجزء ثابت وعمود قيادة ومروحة. ولكي يعمل السوط، يجب أن تكون جميع هذه الأجزاء موجودة ومجمعة بشكل صحيح. وغياب أي من هذه المكونات يجعل السوط غير فعال، مما يبرز تعقيده.

يجب أن تكون مكونات السوط مرتبة بطريقة محددة للغاية لكي تعمل. يجب أن يتم تجميع البروتينات في تسلسل دقيق، ويجب أن تتناسب أشكالها مع بعضها البعض بشكل دقيق، مثل أجزاء الآلة المصممة بشكل جيد. إن السوط ليس معقدًا فحسب، بل يؤدي أيضًا وظيفة محددة للغاية: دفع البكتيريا. وهي تعمل بسرعات ملحوظة، ويمكنها تغيير اتجاهها، كما أنها موفرة للطاقة، وكلها تشير إلى تصميم هادف.

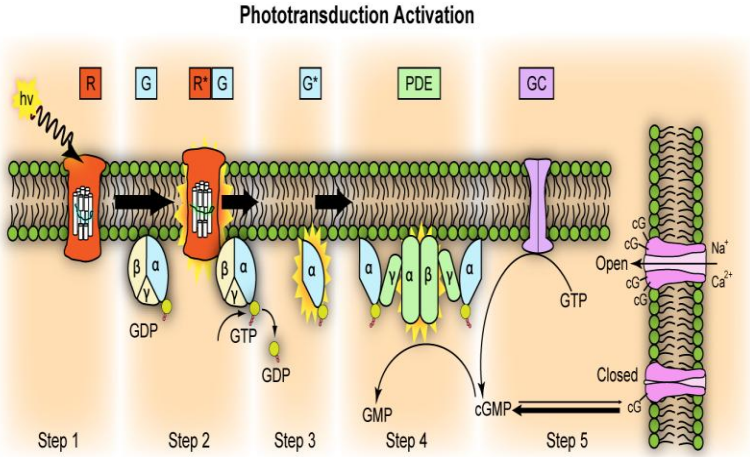
لا يمكن تفسير التعقيد المحدد للسوط البكتيري بشكل كافٍ من خلال الطفرات العشوائية والانتخاب الطبيعي. فاحتمالية ظهور مثل هذا النظام المتكامل والوظيفي للغاية عن طريق الصدفة منخفضة للغاية. وعلاوة على ذلك، ولأن الأشكال الوسيطة للسوط من المرجح أن تكون غير وظيفية، فإن المسار التطوري التقليدي للتحسينات التدريجية التدريجية التدريجية يبدو غير قابل للتصديق. ويمثل السوط أيضًا مثالًا على التعقيد غير القابل للاختزال، وهو مجموعة فرعية من التعقيد المحدد، كما سنفصله في القسم التالي. والحجة هي أن جميع أجزاء السوط ضرورية لوظيفته، وبالتالي لا يمكن أن يكون قد تطور من خلال تعديلات طفيفة ومتتالية كما يقترح التطور الداروينى.

ب. التعقيد غير القابل للاختزال. التعقيد غير القابل للاختزال

مفهوم التعقيد غير القابل للاختزال هو مفهوم قدمه عالم الكيمياء الحيوية مايكل بيهي، ويفترض أن بعض الأنظمة البيولوجية معقدة للغاية بحيث لا يمكن أن تكون قد تطورت من خلال تعديلات تدريجية تدريجية. وتتألف هذه الأنظمة، مثل السوط البكتيري أو سلسلة تخثر الدم، من أجزاء متعددة ومترابطة يجب أن تكون جميعها موجودة وتعمل لكي يعمل النظام. إن إزالة أي جزء منها يجعل النظام غير فعال. تشير مثل هذه البنى المعقدة والمترابطة إلى وجود مصمم ذكي، حيث لا يمكن تفسيرها بالانتخاب الطبيعي والطفرة العشوائية وحدها. يتحدى هذا المفهوم نظرية التطور التقليدية ويدعم فكرة التصميم الهادف في الطبيعة.

أحد الأمثلة على التعقيد غير القابل للاختزال هو الدورة البصرية، وهي عملية كيميائية حيوية في العين تقوم بتحويل الضوء إلى إشارات كهربائية تمكن من الرؤية.

يتكون هذا النظام من أجزاء متعددة مترابطة يجب أن تكون جميعها موجودة وتعمل لكي تعمل العملية بفعالية. إذا كان أي مكون مفقود أو لا يعمل، فإن الدورة البصرية بأكملها ستفشل، مما يوضح مفهوم التعقيد غير القابل للاختزال. والمكونات الرئيسية للدورة البصرية هي المستقبلات الضوئية (القضبان والمخاريط)، والرودوبسين، والأوبسين، والشبكية، ومسار نقل الإشارة، والمعالجة العصبية.



الشكل 3.14. الخطوات الجزيئية في الدورة البصرية

المستقبلات الضوئية هي خلايا في شبكية العين تكتشف الضوء. القضبان مسؤولة عن الرؤية في الضوء المنخفض، بينما تكتشف المخاريط الألوان. تحتوي كل مستقبلات ضوئية على جزيئات حساسة للضوء تسمى الصبغات الضوئية، وبشكل أساسي الرودوبسين في القضبان. يتكون هذا الصباغ الضوئي في القضبان من بروتين يسمى الأوبسين وجزيء حساس للضوء يسمى الشبكية. تحتوي المخاريط على أوبسينات مختلفة تستجيب لأطوال موجية مختلفة من الضوء، مما يتيح رؤية الألوان. يتغير شكل الشبكية، وهي مشتق من فيتامين أ، عندما تمتص الضوء. ويؤدي هذا التغير في الشكل إلى تنشيط الأوبسين، مما يؤدي إلى بدء سلسلة النقل البصري. يقوم الأوبسين المنشط بدوره بتنشيط بروتين G بروتين يسمى ترانسكونين. ينشّط الترانسرجوسين إنزيم الفوسفوديستراز (PDE)، الذي يخفض مستوى إنزيم GMP الدوري (cGMP) في الخلية. يؤدي الانخفاض في cGMP إلى إغلاق القنوات الأيونية في غشاء الخلية المستقبلة للضوء، مما يؤدي إلى فرط استقطاب الخلية وتوليد إشارة كهربائية. تنتقل الإشارة الكهربائية من

خلال الخلايا ثنائية القطب إلى الخلايا العقدية التي ترسل الإشارة عبر العصب البصري إلى الدماغ. يعالج الدماغ هذه الإشارات لتكوين صور بصرية.

كل مكون من مكونات الدورة البصرية مترابط. يجب أن تكون كل من المستقبلات الضوئية، والرودوبسين، والشبكية، والترانسفيرين، والـ PDE، والقنوات الأيونية موجودة وتعمل بشكل صحيح لكي تحدث الرؤية. ومن شأن إزالة أي مكون واحد أن يؤدي إلى فشل النظام. ويمكننا القول أن مثل هذا النظام المعقد لا يمكن أن يكون قد تطور من خلال سلسلة من التغييرات التدريجية الصغيرة لأن المراحل الوسيطة بدون جميع المكونات ستكون غير وظيفية وبالتالي لن يفضلها الانتقاء الطبيعي. إن المسارات الكيميائية الحيوية المعقدة والتفاعلات الجزيئية الدقيقة التي تنطوي عليها الدورة البصرية تسلط الضوء على التعقيد والخصوصية المطلوبة للرؤية. إن الطبيعة المترابطة لمكوناتها وتعقيد العمليات الكيميائية الحيوية التي تنطوي عليها تشير إلى أن هذا النظام لا يمكن أن يكون قد نشأ من خلال عمليات تطورية غير موجهة، بل يشير إلى مصمم ذكي، الخالق الإلهي.

يمكن أن تساعد الدورة المرئية من حيث برنامج الكمبيوتر في توضيح تعقيدها وعملياتها المترابطة. وفيما يلي تشبيه مفاهيمي باستخدام لغة بايثون:

دورة مرئية مكتوبة في برنامج كمبيوتر

```
# التهيئة: تهيئة البيئة للدورة البصرية بما في ذلك المستقبلات الضوئية (القضبان والمخاريط)
فئة VisualCycle:
    def ___init_____(self):
        self.photoreceptors = {'rods': [], 'المخاريط': []}
        تهيئة_الصبغات_الضوئية الذاتية()
        self.signal_pathway_pathway_active = False
# إدخال المستخدم: يكتشف الضوء الوارد ويبدأ عملية تنشيط الصبغة الضوئية
    تعريف اكتشاف الضوء(ذاتي، الطول الموجي للضوء):
        إذا كان الطول الموجي_الضوئي في الطيف_المرئي:
            ذاتي.activate_photopigment(الطول الموجي_الضوئي)
# الحدث المحفز: يغير شكل الشبكية وينشط الأوبسين، الذي يحفز بعد ذلك مسار نقل الإشارة
    def activate_photopigment(الذاتي، الطول الموجي):
        شبكية العين = self.change_retinal_shape(الطول الموجي)
        أوبسين = self.bind_retinal_to_opsin(شبكية العين)
        بدء_إشارة_النقل_الذاتي(opsin)
# تسليم الحدث: ينشّط الترانسفيرين وPDE، مما يؤدي إلى انخفاض مستويات cGMP، وإغلاق
```

```
القنوات الأيونية، وتوليد إشارة كهربائية
:def start_signal_transduction(self, opsin)
صحيح = self.signal_pathway_pathway_active
ترانسيردوسدين = self.activate_transducin(opsin)
pde = self.activate_pde(transducin)
self.regulate_cGMP_levels(pde)
()self.gener_electric_electric_signal
# معالجة الإشارات: يضبط القنوات الأيونية بناءً على مستويات cGMP لتسهيل توليد الإشارة الكهربائية
:def regulate_cGMP_levels(self, pde)
cGMP_level_level = self.reduce_cGMP(pde)
ضبط_قنوات_الأيون_الذاتية(cGMP_level)
# إخراج الإشارة: يخلق وينقل الإشارة الكهربائية إلى الدماغ
تعريف توليد_إشارة_كهربائية(ذاتي):
إذا كان self.signal_pathway_pathway_active:
إشارة_كهربائية = ()self.create_signal
self.transmit_signal_signal_to_brain(إشارة_كهربائية)
# شبكة الاتصال: تعالج الإشارة وتعيد توجيهها من خلال الخلايا ثنائية القطب والخلايا العُقدية، وترسلها في النهاية عبر العصب البصري
:def transmit _signal_to_brain(self, signal)
bipolar_cells = self.process_signal_signal_with_bipolar_cells(إشارة)
العقدة_الخلايا_المجمعية = self.forward_signal_to_ganglion(bipolar_cells)
optic_nerve = self.send_signal_via_optic_nnerve(ganglion_cells)
الذات_الإدراك البصري(بصري_عصب_بصري)
# الإخراج النهائي: يقوم الدماغ بفك تشفير الإشارة ومعالجتها لإنشاء صورة مرئية
تعريف الإدراك البصري(ذاتي، بصري_عصب_بصري):
القشرة_البصرية = self.decode_signal(optic_nerve)
ذاتي.render_image(visual_cortex)
```

يوضّح هذا التشبيه الخطوات المترابطة والمعقدة للدورة البصرية، والتي تشبه إلى حد كبير برنامج كمبيوتر يحتوي على عدة وظائف ومعالجات أحداث تعمل معًا لتحقيق مخرجات محددة. إذا أغفلنا أيًا من الخطوات أو استخدمناها بترتيب خاطئ، فلن تتحقق النتيجة المرجوة.

تشير حقيقة أن الدورة البصرية يمكن تمثيلها كبرنامج كمبيوتر إلى أن العين مصممة بذكاء. ويرتبط مخطط تصميم العين بالجين PAX6، الموجود على الكروموسوم 11، والذي يلعب دورًا حاسمًا في نمو العين.

ثالثاً كتب بارزة عن التصميم الذكي

التطور: نظرية في أزمة (مايكل دينتون: 1985): ينتقد دينتون نظرية التطور الداروينية، مجادلاً بأن تعقيد الأنظمة البيولوجية لا يمكن تفسيره بشكل كافٍ عن طريق الانتقاء الطبيعي وحده. يقدم دينتون أدلة من مختلف المجالات، مثل البيولوجيا الجزيئية وعلم الحفريات، لتسليط الضوء على الثغرات والتناقضات في نظرية التطور. وهو يؤكد أن الهياكل والوظائف المعقدة التي لوحظت في الكائنات الحية تشير إلى التصميم الذكي وليس إلى الطفرات العشوائية والانتخاب العشوائي. يتحدى الكتاب الإجماع العلمي السائد ويقترح أن هناك حاجة إلى تفسير بديل لتفسير أصل الحياة وتنوعها.

صندوق داروين الأسود: التحدي الكيميائي الحيوي للتطور (مايكل ج. بيه: 2006): في هذا الكتاب المؤثر، يقدم مايكل بيهي مفهوم التعقيد غير القابل للاختزال، مجادلًا بأن بعض الأنظمة البيولوجية، مثل السوط البكتيري، معقدة للغاية بحيث لا يمكن أن تكون قد تطورت من خلال الانتقاء الطبيعي وحده. ويؤكد بيه أن أفضل تفسير لهذه الأنظمة هو التصميم الذكي. يتحدى الكتاب مدى كفاية التطور الداروينى في تفسير الآلية المعقدة للحياة على المستوى الجزيئي، وقد أثار الكتاب جدلًا كبيرًا في الأوساط العلمية والفلسفية على حد سواء.

داروين في محاكمة (فيليب جونسون: 2010): ينتقد هذا الكتاب الأسس العلمية للتطور الداروينى. يدرس جونسون، وهو أستاذ قانون، أدلة التطور بتدقيق محلل قانوني. ويجادل بأن الانتقاء الطبيعي والطفرة العشوائية لا يفسران تعقيد الحياة بشكل كافٍ. ويشير جونسون إلى أن الكثير من الدعم الذي تحظى به الداروينية يستند إلى النزعة الطبيعية الفلسفية وليس إلى العلم التجريبي. وهو يتحدى إحجام المجتمع العلمي عن النظر في التفسيرات البديلة، مثل التصميم الذكي، ويدعو إلى مناقشة أكثر انفتاحًا حول أصول الحياة. الكتاب مؤثر في الترويج للتصميم الذكي والتشكيك في هيمنة النظرية الداروينية في علم الأحياء.

التوقيع في الخلية : الحمض النووي والأدلة على التصميم الذكي (ستيفن سي ماير، 2010): يستكشف هذا الكتاب أصول الحياة والمعلومات المشفرة في الحمض النووي. يجادل ماير بأن أفضل تفسير للمعلومات المعقدة والمحددة في الحمض النووي هو وجود سبب ذكي، حيث تفشل العمليات الطبيعية في تفسير أصل هذه المعلومات. ويعرض حالة مفصلة للتصميم الذكي استنادًا إلى تعقيدات المعلومات الوراثية، مقترحًا أن أصل الحياة يشير إلى خلق هادف وليس إلى عمليات عشوائية.

داروين يتطور : العلم الجديد حول الحمض النووي الذي يتحدى التطور (مايكل ج. بيهي، 2020): يجادل كتاب آخر لبيهي بأن الاكتشافات الجينية الحديثة تقوض التطور الداروينى التقليدي. ويؤكد أنه في حين أن الانتقاء الطبيعي والطفرات العشوائية يمكن أن تفسر التكيفات الطفيفة، إلا أنها تفشل في تفسير تعقيد الآلية الجزيئية داخل الخلايا. وهو يقدم مفهوم "التطور"، حيث تؤدي الطفرات إلى فقدان المعلومات الوراثية بدلاً من خلق صفات جديدة مفيدة. يؤكد بيه أن هذه القيود الوراثية تشير إلى ضرورة وجود مصمم ذكي، متحدياً الإطار التطوري التقليدي ومقترحاً أن التصميم الذكي يقدم تفسيراً أكثر معقولية لتعقيد الحياة.

لغز أصل الحياة: إعادة تقييم النظريات الحالية (تشارلز ب. ثاكستون وآخرون، 2020): ينتقد هذا العمل الرائد النظريات الطبيعية المختلفة لأصل الحياة ويقترح التصميم الذكي كتفسير أكثر معقولية. ويجادلون بأن كيمياء ما قبل الحياة وتكوين الحياة من اللا حياة يمكن تفسيرها بشكل أفضل من خلال سبب ذكي. ويناقش الكتاب أوجه القصور في نظريات أصل الحياة المعاصرة ويقدم التصميم الذكي كبديل قابل للتطبيق علمياً، واضعاً الأساس لحركة التصميم الذكي الحديثة.

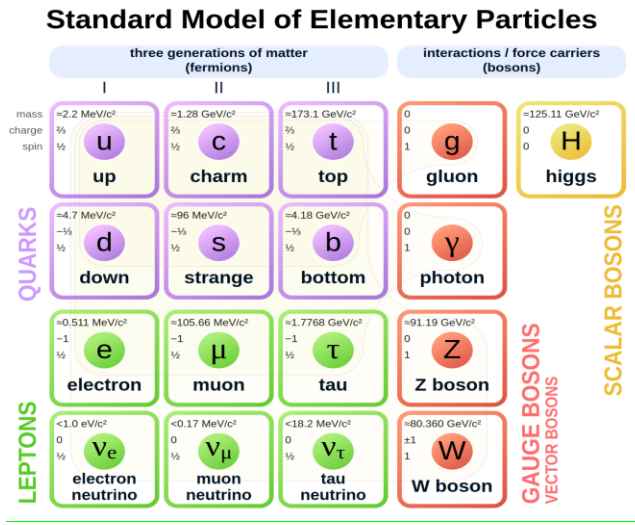
الاستدلال على التصميم : القضاء على الصدفة من خلال الاحتمالات الصغيرة (ويليام أ. ديمبسكي ووينستون إيورت، 2023): يضع هذا الكتاب الأساس النظري لاكتشاف التصميم في الطبيعة. ويستكشفان الإطار الرياضي للكشف عن التصميم الذكي. يقدم المؤلفان الحجة القائلة بأن أفضل تفسير للأنظمة المعقدة التي تظهر تعقيداً محدداً هو وجود سبب ذكي بدلاً من العمليات العشوائية. ويقدمان مفهوم "التعقيد المحدد"، الذي يجمع بين التعقيد ونمط معين بشكل مستقل. ويستخدم الكتاب نظرية الاحتمالات لإظهار أن بعض الأنماط في الطبيعة غير محتملة الحدوث بالصدفة. ومن خلال التحليل الدقيق، يجادل ديمبسكي وإويرت بأن الاعتراف بالتصميم هو ممارسة علمية مشروعة ويوفر أدوات للتمييز بين التصميم والصدفة في الأنظمة البيولوجية.

f. فيزياء الجسيمات والخلق

في القسم السابق، استكشفنا في القسم السابق أصل الحياة من خلال مناقشة لبناتها الأساسية، بما في ذلك الأحماض الأمينية والحمض النووي الريبي والبروتينات والحمض النووي والخلايا. تتكون هذه المكونات من الذرات، والتي نفترض ضمنيًا أنها موجودة بشكل طبيعي. تتكون الذرات من جسيمات أولية. في هذا القسم، سنلقي نظرة فاحصة على أصل هذه الجسيمات، مستكشفين ما إذا كانت قد نشأت تلقائيًا أم أنها تشكلت من خلال عملية هادفة.

وفقًا للنموذج القياسي لفيزياء الجسيمات، تتكون جميع المواد في الكون من 17 جسيمًا أوليًا. وتشمل 6 كواركات، و6 لبتونات، و4 بوزونات قياس (الغلوونات

والفوتونات وبوزونات Z وبوزونات W) وبوزون هيغز. لكل جسيم من هذه الجسيمات خصائص محددة، مثل الكتلة والشحنة والدوران، ويؤدي كل منها دورًا فريدًا في تفاعلات الجسيمات، على غرار كيفية أداء العضيات في الخلية لوظائف مميزة.



الشكل 3.15. الجسيمات الأولية للنموذج القياسي

الكواركات هي المكونات الأساسية للمادة، وهي أساسية في تكوين البروتونات والنيوترونات. تتكون البروتونات من كواركين علويين وكوارك سفلي واحد، بينما تتكون النيوترونات من كوارك علوي واحد وكواركين سفليين. تترابط الكواركات معًا بواسطة القوة القوية التي تتوسطها الغلوونات. على عكس قوى الجاذبية أو القوى الكهرومغناطيسية التي تتضاءل مع المسافة، تزداد القوة القوية بين الكواركات كلما ابتعدت عن بعضها البعض وتقل كلما اقتربت، مع الحفاظ على مسافة محددة. يمكن للكواركات أن تغير أنواعها أثناء تفاعلات الجسيمات، مثل اضمحلال بيتا، حيث يتحول النيوترون إلى بروتون عن طريق تحويل كوارك سفلي إلى كوارك علوي.

وبوزونات القياس هي جسيمات أساسية تتوسط القوى الأساسية للطبيعة. وتشمل هذه الجسيمات الفوتون للقوة الكهرومغناطيسية، وبوزونات W و Z للقوة الضعيفة،

والغلوون للقوة القوية. ويرتبط كل بوزون قياس بمجال معين ويحمل القوة بين الجسيمات. وهي ضرورية لتفسير التفاعلات على المستوى الكمي، وتحكم كيفية تفاعل الجسيمات وارتباطها معًا لتكوين المادة.

آلية هيجز هي عملية تشرح كيفية اكتساب الجسيمات الأولية للكتلة. وهي تتضمن مجال هيجز، وهو مجال طاقة يتخلل الكون. عندما تتفاعل الجسيمات مع مجال هيجز، فإنها تكتسب كتلة، على غرار الطريقة التي تواجه بها الأجسام التي تتحرك عبر وسط ما مقاومة. وقد اكتُشف بوزون هيجز، وهو جسيم مرتبط بمجال هيجز، في عام 2012، مما يؤكد هذه النظرية. وبدون آلية هيجز، ستظل الجسيمات بلا كتلة، وسيفتقر الكون إلى البنية اللازمة لتكوين الذرات والكائنات الحية والكواكب والنجوم.

تعمل فيزياء الجسيمات على مستوى متقدم ومعقد بشكل لا يصدق ، وتقدم رؤى عميقة حول طبيعة الكون وأصوله. وهذا يدفعنا إلى طرح الأسئلة الأساسية التالية، من بين أسئلة أخرى كثيرة:

- كيف خُلقت الجسيمات الأساسية السبعة عشر بهذه الخصائص الدقيقة؟
- كيف اكتسبت البوزونات المقياسية خاصية وساطة القوة؟
- كيف نشأت آلية هيجز؟
- كيف نشأت آلية اضمحلال بيتا؟
- كيف يمكن وصف خصائص الجسيمات الأولية رياضياً؟

لو كانت الإجابات على الأسئلة المذكورة أعلاه نتيجة لعمليات عشوائية بحتة، لما كان العالم كما نعرفه موجودًا. على سبيل المثال، إذا كان هناك جسيم أساسي واحد مفقود، أو إذا لم تكن آلية هيجز قد تأسست، أو إذا كانت قيم الكتلة والدوران للجسيمات الأولية مختلفة قليلاً، فلن تتمكن النيوترونات والبروتونات والإلكترونات من التماسك معًا. سيؤدي ذلك إلى انهيار كل الأشياء، مما يجعل تكوين أي شيء - بما في ذلك البشر - مستحيلًا. تجسّد هذه الدقة المتناهية في البنية الأساسية للكون مفهوم "التعقيد غير القابل للاختزال" في عالم فيزياء الجسيمات، وهو مبدأ غالبًا ما يرتبط بالتصميم الذكي.

يمكن مقارنة تكوين الجسيمات الأولية لتكوين المادة بتكوين الخلايا والعضيات في الكائنات الحية متعددة الخلايا. فكما أن لكل من الخلايا والعضيات المحددة أدوار وخصائص مميزة تساهم في الوظائف المعقدة للكائنات الحية، فإن الجسيمات الأولية تمتلك خصائص دقيقة تمكن من تكوين الذرات والجزيئات وفي النهاية كل الأشياء.

يؤكد هذا التوازي على التعقيد والقصدية المتأصلة في العالم الطبيعي - سواء على المستوى المجهري للخلايا الحية، أو على المستوى دون الذري للجسيمات الأولية، أو على المستوى العياني للكائنات الحية والنجوم والمجرات.

تشير حقيقة أن تكوين الجسيمات الأولية وتفاعلاتها يمكن وصفها بدقة باستخدام المعادلات الرياضية لميكانيكا الكم إلى أنها نتيجة تصميم رياضي مقصود وليس مجرد صدفة. وبخلاف ذلك، سيتعين علينا أن نفترض أن الجسيمات الأولية تمتلك ذكاءً وقدرة على تحديد القيم الدقيقة للكتلة والشحنة والدوران المطلوبة لتكوين المادة والتفاعل مع الجسيمات الأخرى. ومع ذلك، نحن نعلم أن الأمر ليس كذلك، فالجسيمات الأولية لا تمتلك وعيًا أو فهمًا جوهريًّا لميكانيكا الكم.

يشير التصميم المعقد والتنسيق الذي لوحظ في كل من الأنظمة البيولوجية وفيزياء الجسيمات بقوة إلى وجود ذكاء كامن وخلق هادف - وهي سمة مميزة للتصميم الذكي - بدلاً من سلسلة من الأحداث العشوائية.

g. الكائنات الفضائية والخلق

إن إمكانية وجود كائنات فضائية، أو حياة خارج كوكب الأرض، قد سحرت العلماء والجمهور على حد سواء لعقود من الزمن . بالنظر إلى اتساع الكون، مع وجود مليارات المجرات التي تحتوي كل منها على مليارات النجوم وربما المزيد من الكواكب، يبدو من المعقول إحصائيًا أن الحياة يمكن أن توجد في مكان آخر إذا نشأت الحياة تلقائيًا. يمكن تقدير عدد الحضارات خارج كوكب الأرض في مجرة ما من خلال معادلة *دريك*: $N = R(*) R(*) \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$ حيث، N هو عدد الحضارات المتقدمة، R هو معدل تكوين النجوم، f_p هو الكسر الذي يحتوي على كواكب، n_e هو عدد الكواكب التي تدعم الحياة، f_l هو الكسر من الكواكب التي تتطور فيها الحياة، و f_i هو الكسر من الكواكب التي تتطور فيها الحياة الذكية، و f_c هو الكسر من الحضارات التي يمكنها إرسال إشارات، و L هو طول الفترة الزمنية التي يمكن للحضارات التواصل فيها. وبقيمة مناسبة لكل بارامتر، يكون العدد التقديري للحضارات في المجرة حوالي 2.

الشكل 3.16. هل الكائنات الفضائية موجودة؟

بدأت مشاريع البحث عن الذكاء خارج كوكب الأرض (SETI) في عام 1960. تستخدم هذه المشاريع أساليب وتقنيات مختلفة لمسح الكون بحثاً عن أدلة على وجود حضارات فضائية. فيما يلي بعض مشاريع SETI الرئيسية.

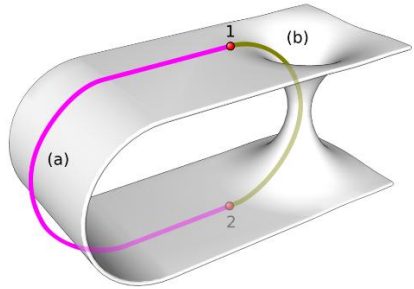
كان مشروع "أوزما" أول تجربة حديثة في مجال استكشاف الفضاء الخارجي. وقد استخدم تلسكوباً لاسلكياً لمسح النجمين تاو سيتي وإبسيلون إريداني بحثاً عن إشارات محتملة من خارج كوكب الأرض. كان مشروع SETI@home مشروع حوسبة موزعة يستخدم قوة المعالجة الخاملة لأجهزة الكمبيوتر المنزلية. قام المتطوعون بتثبيت برنامج على حواسيبهم الشخصية لتحليل الإشارات اللاسلكية بحثاً عن إشارات استخبارات خارج كوكب الأرض. مصفوفة تلسكوب ألين هي شبكة مخصصة من التلسكوبات الراديوية مصممة للبحث المنهجي المستمر عن إشارات من خارج الأرض. وتتكون من عدة أطباق صغيرة تعمل معاً لمسح مناطق واسعة من السماء. مشروع Breakthrough Listen هو المشروع الأكثر شمولاً حتى الآن في مجال استكشاف الفضاء الخارجي (SETI)، ويهدف إلى مسح مليون من أقرب النجوم و100 مجرة قريبة بحثاً عن إشارات محتملة. يبحث مشروع الانفجارات الراديوية السريعة في الانفجارات الراديوية السريعة الغامضة المكتشفة من الفضاء، والتي يمكن أن توفر رؤى حول ظواهر كونية غير معروفة. أما مشروع "ليزر سيتي" فهو مشروع يركز على الكشف عن الإشارات الضوئية من حضارات خارج كوكب الأرض، ويستكشف إمكانية التواصل بين النجوم من خلال الإرسال الليزري.

على الرغم من عمليات البحث المستمرة باستخدام التلسكوبات الراديوية والبصرية المتقدمة، فشلت مشاريع SETI في العثور على دليل قاطع على وجود حياة ذكية خارج كوكب الأرض.

الشكل 3.17. التلسكوبات الراديوية المستخدمة في ساتي

إذا كان هناك العديد من الحضارات خارج كوكب الأرض، فمن الممكن أن تكون قد زارتنا أو ربما تزورنا الآن. في مثل هذه الحالة، ما نوع طرق السفر إلى الفضاء التي قد يستخدمونها؟ يواجه السفر إلى الفضاء باستخدام الأجسام الطائرة (الصواريخ أو الأطباق الطائرة) تحديات لا يمكن التغلب عليها بسبب الحجم الهائل للكون. فحتى أقرب نجم، بروكسيما سنتوري، يبعد 4.24 سنة ضوئية، وهو ما يتطلب عشرات الآلاف من السنين للوصول إليه باستخدام التكنولوجيا الحالية. إن المسافات الشاسعة التي ينطوي عليها الأمر تجعل من المستحيل استكشاف حتى مجرتنا، ناهيك عن الكون، في حدود عمر الإنسان.

يمكن أن تشمل طرق الدفع المتقدمة المحتملة محركات الاعوجاج أو السفر عبر الثقوب الدودية. محرك الاعوجاج هو مفهوم نظري للسفر في الفضاء أسرع من الضوء، مستوحى من النسبية العامة لأينشتاين. وقد اقترحه الفيزيائي ميغيل ألكوبير في عام 1994، ويتضمن محرك الالتفاف إنشاء "فقاعة التفاف" تضيق الفضاء أمام المركبة الفضائية وتوسع الفضاء خلفها. وهذا من شأنه أن يسمح للمركبة الفضائية بالتحرك أسرع من الضوء بالنسبة للمراقبين الخارجيين دون انتهاك قوانين الفيزياء. ويتمثل التحدي الرئيسي في أن ذلك يتطلب مادة غريبة ذات كثافة طاقة سالبة، وهو ما لم يتم اكتشافه أو ابتكاره. وعلى الرغم من أنها واعدة من الناحية النظرية، إلا أن هناك حاجة إلى تطورات علمية وتكنولوجية كبيرة لجعل محرك الالتفاف ممكناً للاستخدام العملي في استكشاف الفضاء.



الشكل 3.18. الثقب الدودي

السفر في الفضاء عبر الثقوب الدودية هو مفهوم نظري ينطوي على اختصارات عبر الزمكان تربط بين نقاط بعيدة في الكون. ويمكن أن تسمح الثقوب الدودية أو جسور أينشتاين-روزن التي تنبأت بها النسبية العامة لأينشتاين، بالسفر الفوري عبر مسافات كونية شاسعة. وللاستخدام العملي، يجب أن يكون الثقب الدودي القابل للعبور مستقراً، وهو ما يتطلب نظرياً مادة غريبة ذات كثافة طاقة سالبة لمنع الانهيار. على الرغم من كونها مجازًا شائعًا في الخيال العلمي، إلا أن الثقوب الدودية لا تزال مجرد تخمينات دون أي دليل تجريبي. وإذا كانت هذه الثقوب الدودية قابلة للتجربة، فيمكنها أن تحدث ثورة في السفر إلى الفضاء، مما يتيح استكشاف المجرات البعيدة وتقليل وقت السفر من سنوات إلى مجرد لحظات. ومع ذلك، هناك حاجة إلى تحقيق اختراقات علمية وتكنولوجية كبيرة لجعل هذا المفهوم حقيقة واقعة.

الشكل 3.19. النقل الآني

يمكن أن يكون النقل الآني عبر الفضاء الفائق أو السائب طريقة أخرى لتحقيق السفر الفوري عبر مسافات شاسعة عن طريق تجاوز الفضاء التقليدي ثلاثي الأبعاد. يشير الفضاء الفائق إلى بعد إضافي أو سلسلة أبعاد إضافية تتجاوز الأبعاد المكانية الثلاثة المألوفة والبعد الزمني الواحد، مما يوفر طريقاً مختصراً عبر نسيج الكون. وبالمثل، فإن السائب هو مصطلح يستخدم في نظريات مثل علم الكونيات الغشائي ضمن نظرية الأوتار، حيث يتم تصور كوننا على أنه "غشاء" داخل فضاء ذي أبعاد أعلى يسمى السائب. في هذه النظريات، ينطوي الانتقال الآني على الانتقال عبر هذه الأبعاد العليا للظهور مرة أخرى بشكل فوري في موقع آخر داخل كوننا. تقترح الأطر النظرية مثل نموذج راندال ساندروم وجود مثل هذه الأبعاد العليا التي يمكن أن تسمح باختصارات عبر الزمكان. إذا كانت مثل هذه الأبعاد موجودة ويمكن الوصول إليها، فقد يكون من الممكن استغلالها للانتقال الآني، وتجنب قيود السفر النسبي وربما جعل السفر أسرع من الضوء ممكناً.

إذا كانت الحياة تنشأ تلقائيًا كما تفترض معادلة دريك، فإن العدد الإجمالي للحضارات خارج كوكب الأرض في الكون سيكون حوالي 400 مليار (حضارتان في كل من 200 مليار مجرة). بدأت الحياة على الأرض قبل 4 مليارات سنة تقريباً. والآن، تخيل أن 1% من الحضارات خارج كوكب الأرض بدأت قبل مليون سنة من حضارتنا واتبعت مسارًا تطوريًا مشابهًا. في هذه الحالة، ستكون حضارتهم أكثر تقدمًا من حضارتنا بمليون سنة. ومع هذه الأسبقية الكبيرة، قد يكونون قد طوروا تقنيات متقدمة للانتقال الآني، مما يمكنهم من السفر إلى أي مكان في الكون بنفس السهولة التي نزور بها جيراننا. إذا كان عدد سكان إحدى هذه الحضارات مليار نسمة، فإن العدد الإجمالي للكائنات الفضائية سيكون كوينتيليون (10^{18}). إذا تمكن 1% منهم فقط من زيارة الأرض ليوم واحد فقط كل 10 سنوات، فإن الأرض ستزدحم بحوالي 10 تريليون كائن فضائي كل يوم - أي ما يعادل 1000 ضعف عدد السكان البشريين الحاليين. ومع ذلك، لم نلاحظ أي دليل على وجودهم. كيف يمكننا تفسير هذا التناقض الواضح؟

تُعرف هذه المشكلة باسم "مفارقة فيرمي"، التي سميت على اسم إنريكو فيرمي الذي سأل سؤاله الشهير "أين الجميع؟ قد تكون الإجابات هي: (1) أن افتراض (التطور) في معادلة دريك خاطئ، أو (2) أن الحضارات المتقدمة قد تستخدم تكنولوجيا لا يمكن اكتشافها بأساليبنا الحالية أو تتجنب الكشف عنها عمداً. إذا لم تكن الكائنات الفضائية بكتيريا أو كائنات غير مرئية، فمن المحتمل أن يكون قد تم الكشف عن وجودها بطريقة ما الآن. ومع ذلك، فإن حقيقة أننا لم نكتشف حتى الآن أي دليل على وجودهم تشير إلى أن الافتراض التطوري في معادلة دريك غير صحيح على الأرجح.

h. الغرائز في الكائنات الحية والخلق

تتألف أجهزة الكمبيوتر من ثلاثة مكونات رئيسية: الأجهزة والبرمجيات والبرامج الثابتة. البرمجيات الثابتة هي برامج متخصصة مبرمجة في ذاكرة القراءة فقط أو UEFI، وتوفر تحكمًا حاسمًا في أجهزة معينة وتعمل كوسيط بين الأجهزة والبرمجيات. وهي ضرورية لتشغيل النظام، وإدارة عمليات الأجهزة، وضمان وظائف الجهاز.

تشترك البرامج الثابتة في الحواسيب والغريزة في الكائنات الحية في نقطة تشابه رئيسية. فكلاهما نظامان جوهريان مبرمجان مسبقًا يحكمان الوظائف الأساسية. حيث تقوم البرامج الثابتة بتهيئة العمليات وإدارتها، مما يضمن التشغيل السليم منذ التشغيل. وبالمثل، فإن الغريزة هي نمط سلوكي طبيعي وفطري يوجه أنشطة البقاء على قيد الحياة، مثل التغذية والتزاوج والهروب من الخطر. يعمل كلا النظامين تلقائيًا دون مدخلات واعية، مما يوفر التوجيه التأسيسي للأداء الفعال والاستجابة البيئية. في الجوهر، تمثل البرامج الثابتة بالنسبة لأجهزة الكمبيوتر ما تمثله الغريزة بالنسبة للكائنات الحية - نظام مدمج ومهيأ مسبقًا ضروري للعمل والبقاء على قيد الحياة الأساسي. وكما أن البرمجيات الثابتة مدمجة في ذاكرة القراءة فقط من قبل مصممي الحواسيب، فإن الغريزة مدمجة في أدمغة الكائنات الحية وأنظمتها العصبية من قبل الخالق سبحانه وتعالى. دعوني أعرض بعض الأمثلة على الغرائز التي توضح هذا المفهوم.

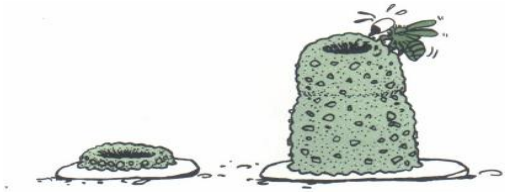
i. بناء أعشاش نحل الباسون

يصف جان هنري فابر في كتابه "نحل البناء" (جزء من كتاب "كتاب الحشرات") عملية بناء الأعشاش المعقدة التي يقوم بها نحل البناء. يختار هذا النحل سطحاً مسطحاً مناسباً، غالباً ما يكون حجراً، لبدء البناء. وتجمع النحل الطين والحصى الصغيرة، وتقوم بجمع الطين والحصى الصغيرة، وتخلق بدقة خلايا لنسلها. تحمل أنثى النحلة كريات الطين إلى الموقع، وتقوم بتشكيلها وضغطها في جدار خلية آمنة. ثم تقوم بعد ذلك بجمع الرحيق وحبوب اللقاح لتزويد كل خلية بالطعام، وتضع بيضة واحدة قبل أن تغلقها بمزيد من الطين. تتكرر هذه العملية، مما ينتج عنه سلسلة من الخلايا الطينية المدعمة بالحصى والمرتبة بعناية والتي تحمي اليرقات النامية. وتسلط ملاحظات فابر الضوء على الدقة والاجتهاد الملحوظين لهذه النحلات المنفردة.

ويصف تجربة قام فيها بتبديل عش غير مكتمل بعش مكتمل. وعند عودة النحلة البنائية، عند عودتها لتجد عشها غير المكتمل قد استبدلته بعش مكتمل، أظهرت النحلة سلوكًا مثيرًا للاهتمام. فبدلاً من استئناف العمل على العش الجديد، واصلت النحلة بناء العش الجديد كما لو لم يحدث أي

تغيير. لم تتعرف النحلة على العش المكتمل كعملها الخاص واستمرت في تصرفاتها المعتادة، حيث أحضرت الطين واستمرت في البناء.

توضّح هذه التجربة الطبيعة الغريزية والمبرمجة لسلوك النحل، مدفوعة بتسلسل داخلي من الأفعال بدلاً من الإشارات البصرية لحالة العش .

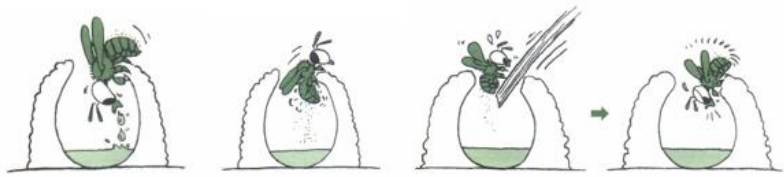


الشكل 3.20. نحلة البناء تبني عشاً فوق العش المكتمل

قام فابر بتجربة معاكسة من خلال تبديل عش نحل بناء مكتمل بعش غير مكتمل. ولاحظ أنه عندما عادت نحلة البناء إلى الموقع ووجدت العش المكتمل قد استبدلته بعش غير مكتمل، لم تستمر في العمل على العش الجديد غير المكتمل. وبدلاً من ذلك، بدت النحلة مرتبكة وقضت بعض الوقت في فحص العش الذي تم تغييره، لكنها في النهاية لم تستأنف البناء. ثم تنتقل بعد ذلك إلى العمل التالي المتمثل في ملئه بالعسل، حتى لو كان يفيض بالعسل. يوضح هذا السلوك ارتباط نحلة البناء القوي بعشها المحدد وصعوبة التكيف مع التغيرات غير المتوقعة في بيئتها. كما تسلط هذه التجربة الضوء على الطبيعة الغريزية لعملية بناء العش لدى نحلة البناء.

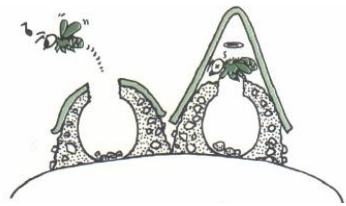
الشكل 3.21. نحلة البناء تملأ العسل في العش غير المكتمل

قام فابر بتجربة أخرى مثيرة للاهتمام. تملأ نحلة البناء عشها بالرحيق أولاً ثم تستدير 180 درجة وتنفض غبار حبوب اللقاح عن أرجلها وجسمها. إذا تعرضت للاضطراب عندما تكون على وشك نفض غبار حبوب اللقاح، فإنها تطير بعيدًا وتنتظر زوال التهديد. بعد عودتها إلى العش، تبدأ من جديد من الأول. تملأ عشها بالرحيق حتى لو لم يكن هناك أي شيء في عشها الرحيق. تُظهر هذه التجربة أن النحل يتبع غريزياً برنامجاً مدمجاً لجمع الرحيق، ولا يمكن تغيير تسلسل أفعاله.



الشكل 3.22. سلوك نحلة البناء عند تعطلها

وعندما تنتهي النحلة البانية من بناء عشها، تملأه بالرحيق وحبوب اللقاح، وتضع بيضها عليه، ثم تغلق الجزء العلوي من العش بإحكام. وقد أجرى فابر تجربة أخرى: ففي أحد الأعشاش قام بلصق الورق على الجزء العلوي من العش، وفي عش آخر وضع مخروطًا ورقيًا في الأعلى. ولاحظ سلوك النحل البنائي الذي فقس. بالنسبة للعش ذي الورق الملصق، استخدمت النحلة فكيها القويين لقطع الجزء العلوي دون أي مشكلة. أما بالنسبة للعش الذي يحتوي على مخروط ورقي، فقد قطعت النحلة الجزء العلوي لكنها لم تعرف ماذا تفعل بعد ذلك. توقعت أن ترى السماء المفتوحة، لكنها ارتبكت بسبب المخروط الورقي ولم تحاول اختراقه وماتت في النهاية.



الشكل 3.23. عش نحل ملصق بورق ومغطى بمخروط ورقي

تُظهر جميع التجارب المذكورة أعلاه الطبيعة الغريزية والمبرمجة لسلوك نحلة البناء، مدفوعة بتسلسل داخلي من الأفعال المضمنة في شيفرتها الوراثية.

ب. بناء أعشاش طيور الحائك

يشتهر طائر الحائك، المعروف بأعشاشه المعقدة والمتقنة، بنسج شفرات العشب والمواد النباتية الأخرى بمهارة في هياكل معقدة، مما يدل على براعة رائعة وهندسة غريزية.

الشكل 3.24. عش طائر الحائك

أجرى يوجين ماريه، عالم الطبيعة والشاعر الجنوب إفريقي، تجارب رائعة على طيور النساج لدراسة سلوكها في بناء الأعشاش ودور الغريزة في ذلك. كان ماريه يهدف إلى فهم ما إذا كانت مهارات بناء الأعشاش المعقدة لدى طيور النساج غريزية بحتة أم أنها تنطوي على سلوك مكتسب.

قام ماريه بتربية طيور النساج في عزلة عن بيئتها الطبيعية لضمان عدم تعرضها للطيور الأخرى أو أنشطة بناء الأعشاش. وقد راقب هذه الطيور المعزولة من الفقس إلى مرحلة النضج، مما يضمن عدم إتاحة الفرصة لها للتعلم من طيور النساج الأخرى لمدة أربعة أجيال. وبالنسبة للجيل الخامس، قدم ماريه نفس المواد التي تستخدمها طيور الحائك البرية لبناء الأعشاش، مثل العشب والأغصان. وعلى الرغم من عدم رؤيتها لعش أو طيور أخرى تقوم ببناء عش من قبل، بدأت طيور النساج المعزولة في بناء أعشاش مطابقة تقريباً لتلك التي تبنيها نظيراتها البرية. فقد أظهرت نفس تقنيات النسيج المعقدة، وأساليب العقد، والهيكل العام. وقد أظهرت الأعشاش التي بنتها هذه الطيور المعزولة سمات تصميمية متناسقة نموذجية لنوعها، مما يشير إلى أن مهارات بناء الأعشاش كانت فطرية وليست مكتسبة من خلال الملاحظة أو التقليد.

وخلصت ماريه إلى أن سلوك بناء الأعشاش المعقد لطيور النساج المعقدة مدفوع بالغريزة. حيث يتم ترميز هذا السلوك الفطري في دماغها وجهازها العصبي، مما يسمح لها ببناء أعشاش متقنة دون خبرة أو تعلم مسبق. وقد صُممت هذه السلوكيات الفطرية بشكل مقصود وتوارثتها الأجيال عبر الحمض النووي.

ثالثاً تشكيل صدفة نوتيلوس

نوتيلوس هو حيوان رخوي بحري معروف بصدفته الجميلة والمميزة. ويتبع شكل

صدفتها شكل حلزوني لوغاريتمي دقيق. ويُعد تكوين صدفة النوتيلوس مثالاً رائعاً آخر على الغريزة التي تنطوي على تفاعل معقد من العمليات البيولوجية والكيميائية المنسقة بشكل معقد لإنتاج هيكلها الفريد.

تبدأ العملية عندما يكون النوتيلوس لا يزال جنيناً داخل بيضة. تتشكل القشرة الأولية، التي تسمى القوقعة الأولية، خلال هذه المرحلة. هذه الحجرة الأولى صغيرة وتوفر الأساس لنمو القشرة اللاحقة. يفرز الوشاح، وهو نسيج متخصص يبطن القشرة، طبقات من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) على شكل أراغونيت، وهو عبارة عن بنية بلورية. تستخلص خلايا الوشاح أيونات الكالسيوم من مياه البحر وتجمعها مع أيونات الكربونات لتكوين كربونات الكالسيوم. كما تفرز الوشاح أيضًا مصفوفة عضوية تتكون من البروتينات والسكريات التي تعمل كسقالة لترسب كربونات الكالسيوم. وتساعد هذه المصفوفة في التحكم في شكل بلورات الأراجونيت واتجاهها، مما يضمن قوة ومتانة القشرة.

الشكل 3.25. صدفة نوتيلوس تظهر النمط الحلزوني اللوغاريتمي

ومع نمو النوتيلوس، يضيف النوتيلوس حجرات جديدة بشكل دوري إلى صدفته. وتكون كل حجرة جديدة أكبر من سابقتها لتستوعب الحجم المتزايد للنوتيلوس. ويتحرك النوتيلوس إلى الأمام في الصدفة ويغلق الحجرات القديمة بجدار يسمى الحاجز، مما يخلق سلسلة من الحجرات المترابطة الأكبر حجماً بشكل تدريجي. يمر عضو متخصص يسمى السيفونكل عبر جميع حجرات الصدفة. يقوم هذا الهيكل الشبيه بالأنبوب بضبط محتوى الغاز والسائل داخل الحجرات. ومن خلال تنظيم مستويات الغازات (معظمها من النيتروجين) ومستويات السوائل، تساعد السيفونكل على التحكم في طفو النوتيلوس، مما يسمح له بالتحرك صعوداً ونزولاً في عمود الماء. الطبقة الخارجية من القشرة، والمعروفة باسم السمحاق، هي طبقة عضوية تحمي طبقات كربونات الكالسيوم الكامنة تحتها من الذوبان والضرر المادي. وتوجد تحت السمحاق طبقات من الأراجونيت، مرتبة في بنية منشورية أو منشورية تساهم في تقزح القشرة وقوتها.

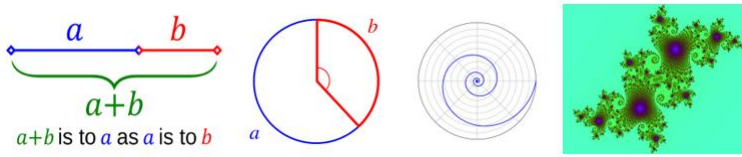
إن التنسيق المعقد المطلوب لإفراز كربونات الكالسيوم، وتكوين الحجرات، وتنظيم الطفو من خلال السيفونكل يشير إلى نظام معقد للغاية بحيث لا يمكن أن يكون قد نشأ من خلال التطور التدريجي. إن عدم وجود أحافير انتقالية واضحة في السجل، إلى جانب وصف النوتيلوس بـ "الحفرية الحية"، يشير إلى ظهوره المفاجئ ويشير إلى أن تكوينه الصدفي المعقد يشير إلى خلق هادف وليس تطور غير موجه. فالنوتيلوس لا يمتلك معرفة رياضية أو كيميائية حيوية؛ لذلك فإن التكوين الدقيق لشكل صدفته اللوغاريتمي، والتنظيم الكيميائي الحيوي المعقد لإفراز الصدفة، والتكامل السلس لنظام الطفو الخاص به ليست نتائج عمليات عشوائية. وبدلاً من ذلك، تشير هذه السمات إلى وجود مخطط جيني مبرمج مسبقاً يمكّن النوتيلوس من بناء صدفته المعقدة بدقة ملحوظة، مما يعزز فكرة التصميم الهادف وليس التطور غير الموجه.

i. الرياضيات في الطبيعة والخلق

"الرياضيات هي اللغة التي كتب الله بها الكون. - جاليليو جاليلي

توجد الأنماط والمبادئ الرياضية بكثرة في الطبيعة، بما في ذلك النسبة الذهبية، والزاوية الذهبية، ومتتابعة فيبوناتشي، واللوغاريتمات اللولبية، والفركتلات.

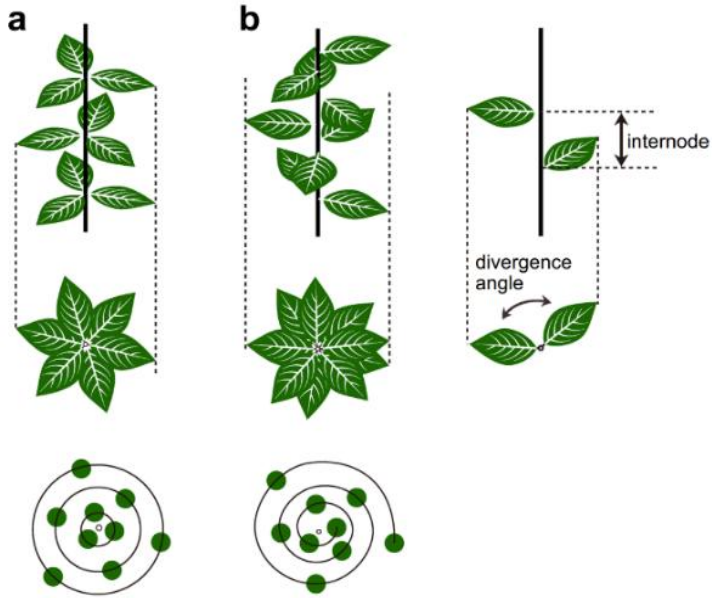
- النسبة الذهبية، التي يرمز لها غالبًا بالحرف اليوناني φ (= (أ+ب)/أ=أ/ب)، هي عدد غير نسبي يساوي تقريبًا 1.618. وتحدث عندما تكون النسبة بين كميتين هي نفسها نسبة مجموعهما إلى أكبر الكميتين.
- الزاوية الذهبية هي الزاوية المقابلة لنصفي قطرين يقسمان دائرة إلى قوسين في النسبة الذهبية. وهي أصغر زاويتين (137.5 درجة تقريبًا) تنشأ عند تقسيم محيط الدائرة وفقًا للنسبة الذهبية.
- متسلسلة فيبوناتشي هي سلسلة من الأعداد حيث يكون كل عدد هو مجموع العددين السابقين، بدءًا من 0 أو 1 (على سبيل المثال، 0، 1، 1، 2، 3، 5، 8، ...).
- اللولب اللوغاريتمي هو منحنى حلزوني ذاتي التشابه يظهر كثيرًا في الطبيعة. ويتميز بخاصية أن الزاوية المحصورة بين المماس والخط القطري عند أي نقطة تكون ثابتة.
- الفركتلات هي أنماط معقدة متشابهة ذاتيًا عبر مقاييس مختلفة. وغالباً ما يتم إنشاؤها عن طريق تكرار عملية بسيطة مراراً وتكراراً في حلقة تغذية مرتدة مستمرة.



الشكل 3.26. النسبة الذهبية، والزاوية الذهبية، واللوغاريتم اللولبي، والفركتلات

دعونا نستكشف أين توجد هذه المبادئ الرياضية في الطبيعة.

Phyllotaxis هو ترتيب الأوراق أو الزهور أو غيرها من الهياكل النباتية على ساق النبات. وهو مفهوم أساسي في علم النبات ويعكس الطريقة التي تزيد بها النباتات من تعرضها لأشعة الشمس والموارد البيئية الأخرى. يتبع ترتيب الأوراق متوالية فيبوناتشي، حيث يكون عدد الأوراق في اللوالب المتتالية هو رقم فيبوناتشي. الأنماط الممكنة للتدرج النباتي هي 2/1، 3/1، 5/2، 8/3، 13/5، 21/8، إلخ، حيث تشكل البسط والمقامات متتابعة فيبوناتشي.



الشكل 3.27. 5/2 الانزياح النباتي (أ) و8/3 الانزياح النباتي (ب)

يشير مصطلح phyllotaxis 8/3 إلى نمط ترتيب الأوراق حيث يتم فصل كل ورقة عن الورقة

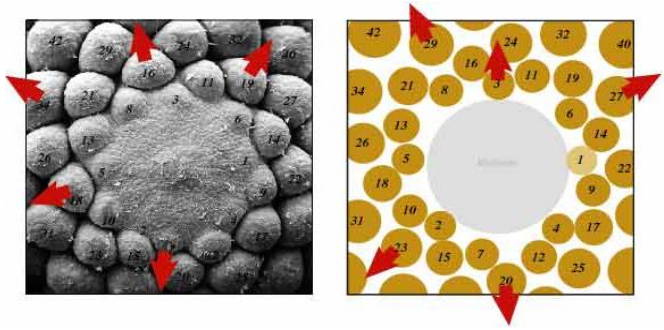
التي تليها بثلاثة أثمان دوران كامل 360 درجة حول الساق. وهذا يعني أن كل ورقة متتالية تتموضع بزاوية 135=360×8/3 درجة (تسمى زاوية التباعد) عن الورقة السابقة. وتتقارب زاوية التباعد مع الزاوية الذهبية البالغة 137.5 درجة في النباتات ذات العدد الكبير من الأوراق. ويساعد هذا التباعد الجزئي على توزيع الأوراق بطريقة تزيد من التعرض لأشعة الشمس وتقلل من التداخل والظل، مما يضمن حصول كل ورقة على الضوء والهواء الكافيين. يسمح التباعد المناسب بالتوزيع الأمثل للماء والمواد المغذية في جميع أنحاء النبات.

كما يمكن العثور على أنماط مماثلة في العديد من الأزهار. على سبيل المثال، يشكل عدد الأوراق والأغصان والبتلات في نبتة العطاس أرقام فيبوناتشي متتالية. 1، 1، 1، 2، 3، 5، 8 للأوراق، و1، 2، 3، 5، 8، 13 للأغصان، و5، 8 أو 8، 13 للبتلات.

الشكل 3.28. أوراق وأغصان نبتة العطاس

لا تحكم متسلسلة فيبوناتشي والزاوية الذهبية أوراق النبات فحسب، بل أيضًا براعم النبات وثماره وبذوره.

يتبع نمط إنبات شجرة التنوب النرويجية مبادئ متتابعة فيبوناتشي والزاوية الذهبية. تنبثق كل نبتة جديدة بزاوية 137.5 درجة تقريباً (الزاوية الذهبية) من النبتة السابقة. ونتيجة لذلك، تتشكل الأغصان في نمط حلزوني حول الجذع، وتتماشى مع أرقام فيبوناتشي في توزيعها. يعزز هذا النمط الطبيعي قدرة الشجرة على جمع أشعة الشمس والماء والمواد المغذية بكفاءة، مما يدعم نموها وصحتها.



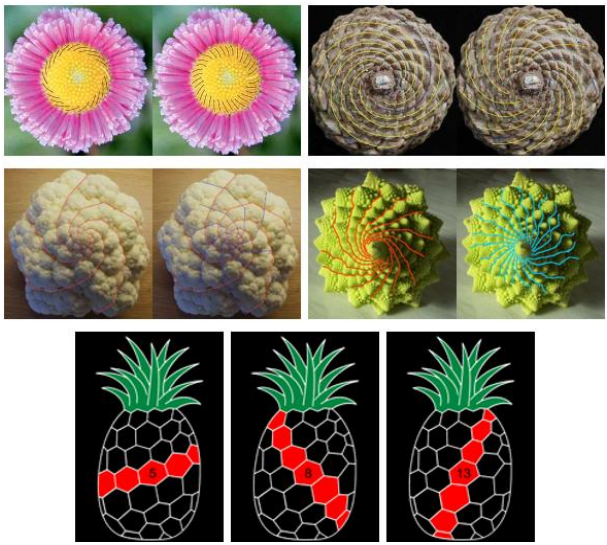
الشكل 3.29. نمط إنبات شجرة التنوب النرويجية

تُظهر زهرة الأقحوان نمط فيبوناتشي والزاوية الذهبية في ترتيبها الزهري أيضاً. تصطف بتلات الزهرة وبذورها في شكل حلزونات تتبع متتابعة فيبوناتشي، حيث يتوافق عدد اللوالب في كل اتجاه عادةً مع أرقام فيبوناتشي المتتالية، مثل 21 و34. وبالإضافة إلى ذلك، تكون زاوية التباعد بين البتلات أو البذور المتتالية بزاوية ذهبية تقريباً. إذا كان اللولب ملفوفاً بزاوية ذهبية، فإنه يشكل لولباً لوغاريتمياً. إذا شكّلت زهيرات زهرة الأقحوان لولبية لوغاريتمية، فإنها تحافظ على شكلها أثناء نموها. اللولبية اللوغاريتمية ذاتية التشابه، أي أن شكل اللولب يظل ثابتًا حتى أثناء تمدده. وتسمح الخصائص المتأصلة في اللولب اللوغاريتمي الحلزوني للأقحوان بالحفاظ على هيكله الهندسي العام طوال فترة نموه.

وتوجد أنماط مماثلة في كوز الصنوبر والقرنبيط والقرنبيط الروماني. يتم ترتيب حراشف كوز الصنوبر بشكل معقد في شكل حلزونات تتبع أرقام فيبوناتشي، حيث تظهر بشكل عام 8 حلزونات في اتجاه واحد و13 في الاتجاه المعاكس، مع وضع كل حراشف بعناية في الزاوية الذهبية تقريبًا. وبالمثل، يتم لف زهيرات القرنبيط في القرنبيط على شكل 5 حلزونات في اتجاه واحد و8 في الاتجاه الآخر، مما يعكس نفس التسلسل العددي. في البروكلي الرومانسكو، يتم ترتيب الزهيرات في 13 زهرة في اتجاه واحد و21 في الاتجاه الآخر.

يمكن العثور على أرقام فيبوناتشي في الأناناس في ترتيب عيونها. وتنتظم هذه العيون في شكل حلزونات تتبع أرقام فيبوناتشي، وعادةً ما تشكل ثلاث مجموعات متميزة من الحلزونات. وعادةً ما تجد 8 حلزونات تصعد في اتجاه واحد، و13 في الاتجاه المعاكس، وأحياناً 21 في اتجاه آخر، وكل مجموعة تتماشى مع أرقام فيبوناتشي المتتالية. يضمن هذا النمط التعبئة الفعالة ويزيد من السلامة الهيكلية للفاكهة. ويسمح هذا الترتيب للأناناس بالنمو المنتظم وتوزيع العناصر

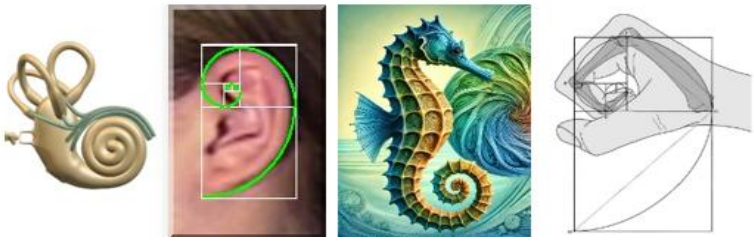
الغذائية بشكل متساوٍ، مما يُظهر التطبيق الطبيعي لتسلسلات فيبوناتشي في نمو النبات وتطوره.



الشكل 3.30. متتابعة فيبوناتشي واللولب اللوغاريتمي الموجود في النباتات

لا يمكن العثور على منحنى النمو الذي يتبع لولباً لوغاريتمياً في النباتات فحسب، بل في الإنسان والحيوانات الأخرى أيضاً. ومن الأمثلة على ذلك صيوان الأذن، وقوقعة الأذن، وأصابع الإنسان، وذيل فرس البحر، وقرون الماعز الجبلي، وأصداف القواقع المختلفة، بما في ذلك فرس البحر. وإذا لم تتبع أنماط النمو هذه لولبية لوغاريتمية، فلن تتمكن من الحفاظ على شكلها المميز مع استمرار نموها، مما يؤدي في النهاية إلى فقدان وظائفها المميزة وسلامتها الهيكلية الفريدة.

على سبيل المثال، إذا لم يتبع نمط نمو القوقعة نمطاً لوغاريتمياً حلزونياً، فسيؤثر ذلك بشكل كبير على قدرتها على معالجة الصوت بكفاءة. يسمح اللولب اللوغاريتمي اللولبي باكتشاف تدرج الترددات على طوله، مع وجود ترددات عالية في القاعدة وترددات منخفضة في القمة. ويمكن أن يؤدي الانحراف عن هذا النمط إلى تباعد غير متساوٍ بين مناطق الكشف عن الترددات، مما يؤدي إلى ضعف السمع أو صعوبة في التمييز بين الترددات الصوتية المختلفة. هذا الترتيب الدقيق ضروري لدور القوقعة في تحويل الموجات الصوتية إلى إشارات عصبية، مما يتيح الإدراك السمعي الدقيق.



الشكل 3.31. قوقعة القوقعة، والأذن، وفرس البحر، وعظم مفصل اليد

يمكن العثور على العديد من الأنماط الفركتلية في الطبيعة، بما في ذلك أنماط التفرع في السرخس والأشجار، وتركيب أوراق السرخس ، وترتيب الزهيرات في القرنبيط والبروكلي والبروكلي الروماني (القرنبيط الأخضر)، وأنظمة الجذور في العديد من النباتات، وأكواز الصنوبر.

الشكل 3.32. الفركتلات الموجودة في السرخس والبروكلي الروماني

توجد الأنماط الكسرية أيضًا في الأنظمة البيولوجية. فتفرّع الأوعية الدموية، بدءاً من الشرايين الرئيسية وصولاً إلى أصغر الشعيرات الدموية، يتبع أنماطاً كسورية. تزيد البنية الفركتلية من مساحة السطح لتبادل المغذيات والغازات مع تقليل الطاقة اللازمة لضخ الدم في جميع أنحاء الجسم. يضمن التفرع الكسوري تزويد كل خلية بما يكفي من الأكسجين والمواد المغذية. علاوة على ذلك، تساهم الطبيعة الكسورية للأوعية الدموية في متانتها وقدرتها على التكيف. حيث يمكن للأنماط المتكررة أن تتكيف بسهولة مع النمو والإصلاح، مما يحافظ على كفاءة الدورة الدموية على الرغم من التغيرات أو التلف.

وللجهاز التنفسي البشري أنماط كسورية أيضاً. يتألف هيكل الرئة من القصبة الهوائية المتفرعة إلى قصبات هوائية تنقسم إلى قصيبات أصغر حجماً تنتهي بالحويصلات الهوائية حيث

يحدث تبادل الغازات. ويحافظ كل قسم على أنماط كسورية. تعمل هذه البنية الفركتلية على زيادة مساحة السطح إلى أقصى حد، والتي هي بحجم ملعب التنس، لتبادل الغازات مع تقليل الحجم الذي تشغله الرئتان. ومن خلال اتباع النمط الفركتلي، يمكن للرئتين توصيل الأكسجين بكفاءة إلى مجرى الدم وطرد ثاني أكسيد الكربون، مما يحسن وظيفة الجهاز التنفسي.

يتحدى وجود أنماط رياضية مثل الزاوية الذهبية ومتتالية فيبوناتشي والفركتلات في الطبيعة والأنظمة البيولوجية فكرة الطفرات العشوائية والانتخاب الطبيعي. فالتباعد الأمثل للزاوية الذهبية للأوراق وكفاءة متوالية فيبوناتشي في ترتيب البذور، على سبيل المثال، تشير إلى تصميم هادف لتحقيق أقصى استفادة من الموارد. يشير تعقيد الفركتلات المتشابه ذاتيًا في هياكل مثل الأوعية الدموية وجذور النباتات إلى مستوى متطور من التنظيم لا يمكن تحقيقه من خلال العمليات العشوائية. يشير التعقيد والدقة والوجود الشامل لهذه الهياكل إلى تصميم ذكي محدد مسبقاً وليس عملية تطورية غير موجهة.

4. دعوة إلى الإنجيل

"عندما أنظر إلى سماواتك وعمل أصابعك والقمر والنجوم التي وضعتها في مكانها,
ما هي البشرية التي تراعيها أنت، البشر الذين تهتم بهم؟
لقد جعلتهم أدنى قليلاً من الملائكة وتوّجتهم بالمجد والشرف.
لقد جعلتهم حكامًا على أعمال يديك، ووضعت كل شيء تحت أقدامهم:
جميع القطعان والقطعان، وحيوانات البرية,
وَالطَّيْرَ فِي السَّمَاءِ وَالسَّمَكَ فِي الْبَحْرِ، وَكُلَّ مَا يَسْبَحُ فِي مَجَارِي الْبِحَارِ.
يَا رَبُّ رَبَّنَا مَا أَعْظَمَ اسْمَكَ فِي كُلِّ الأَرْضِ!" (مزمور 8: 3-9)

تعكس آيات الكتاب المقدس المذكورة أعلاه بشكل جميل رهبة الخلق وعجائبه، وتعترف بعظمة السماوات والتصميم المعقد للكون كدليل على الخالق. في هذه الآيات، يتعجب المرنم في هذه الآيات من القمر والنجوم واتساع السماء الشاسع الذي وضعه الله في مكانه، معترفًا بفعل الخلق المتعمد والهادف. تعتمد نظرية الخلق على هذا الشعور بالعجب، مؤكدةً أن التعقيد والنظام اللذين نراهما في الطبيعة ليسا نتاج صدفة عشوائية بل تصميم مقصود من الخالق الإلهي. إن تأمّل كاتب المزامير في ضآلة البشرية مقارنة بعظمة الكون يسلط الضوء على الإيمان بأنه على الرغم من اتساع الكون، فقد اختار الله أن يكللنا بالمجد والكرامة، ويمنحنا السيادة على أعمال يديه. هذه العلاقة العميقة بين الله والبشرية تشير إلى محبته العميقة لنا ورغبته في أن نعيش في شركة معه.

في هذا الفصل، أود أن أعرض الإنجيل الذي يكشف لنا كيف أن محبة الله ورغبته في الشركة معنا قد تحققت من خلال يسوع المسيح، متيحًا لنا فرصة المصالحة معه والعيش في ملء نعمته. بالنسبة لأولئك الذين ما زالوا يكافحون من أجل الإيمان بوجود الله كما يظهر من خلال الكون والخليقة كلها، أود أيضًا أن أقدم رهان باسكال.

كان بليز باسكال فيلسوفًا وعالم رياضيات وفيزيائيًا وكاتبًا فرنسيًا في القرن السابع عشر اشتهر بتأملاته الفلسفية حول الطبيعة البشرية والإيمان، خاصة في كتابه "الأقلام". وقد قدم حجة فلسفية حول وجود الله تسمى "رهان باسكال". يرى باسكال أنه من العقلانية أن يعيش المرء كما لو كان الله موجودًا لأنه إذا كان الله موجودًا بالفعل، فإن المؤمن يكسب السعادة الأبدية، بينما إذا لم يكن الله موجودًا، فإن الخسارة ضئيلة. وعلى العكس من ذلك، إذا عاش المرء كما لو أن الله غير موجود وكان مخطئًا، فإن الخسارة المحتملة هائلة، بما في ذلك المعاناة الأبدية، بينما المكسب

إذا كان صحيحًا فهو ضئيل. ومن ثم، يخلص باسكال إلى أن الإيمان بالله هو "الرهان" الأكثر أمانًا وفائدة.

	الله موجود	الله غير موجود
آمن بالله	الفرح الأبدي (الجنة)	لا شيء يحدث
لا تؤمن بالله	المعاناة الأبدية (الجحيم)	لا شيء يحدث

الجدول 4.1. رهان باسكال

لقد أجرينا حتى الآن نقاشًا مستفيضًا حول الخلق والتطور مع الاعتراف بوجود الله. إذا أدركنا هذه الحقيقة، فإن رهان باسكال يقدم لنا خيارين واضحين: الفرح الأبدي (الجنة) أو العذاب الأبدي (الجحيم). الجميع يرغب في اختيار الخيار الأول، ولا أحد يرغب في اختيار الخيار الثاني. في هذه المرحلة، قد تشك في وجود الجنة، لكن الجنة موجودة بالفعل. في رسالة كورنثوس الثانية، يشارك الرسول بولس الرسول تجربة عميقة وغامضة تقدم لمحة عن وجود السماء. يكتب

"أعرف رجلاً في المسيح خُطف منذ أربع عشرة سنة إلى السماء الثالثة. سواء كان في الجسد أو خارج الجسد لا أعرف ـ الله يعلم. وَأَنَا أَعْلَمُ أَنَّ هَذَا الإِنْسَانَ ـ سَوَاءٌ كَانَ فِي الْجَسَدِ أَوْ خَارِجَ الْجَسَدِ لاَ أَعْلَمُ ـ وَلَكِنَّ اللهَ يَعْلَمُ ـ قَدْ خُطِفَ إِلَى السَّمَاوَاتِ وَسَمِعَ مَا لاَ يُعَبَّرُ عَنْهُ، أُمُورًا لاَ يَسَعُ أَحَدًا أَنْ يُخْبِرَ بِهَا". (2 كورنثوس 12: 2-4)

تشير رواية بولس إلى أن السماء، أو "السماء الثالثة"، هي عالم من الجمال والحضور الإلهي الذي لا يوصف، والمتميز عن خبرتنا الأرضية. تُعتبر هذه "السماء الثالثة" أعلى جزء من السماء، وهي مكان الحقيقة الروحية المطلقة والشركة مع الله. إن "الأشياء التي لا يمكن التعبير عنها" التي سمعها بولس هناك تشير إلى أن خبرات وحقائق السماء تتجاوز الفهم البشري واللغة.

يطمئن هذا المقطع المؤمنين بحقيقة السماء وطبيعتها العميقة المتسامية، مقدماً رجاءً ووعداً بالأسرار الإلهية التي تنتظرنا فيما وراء وجودنا الأرضي. إن رؤية بولس بمثابة شهادة قوية على وجود فردوس سماوي، مكان أعده الله للذين يحبونه.

السماء مفتوحة لكل من يؤمن بيسوع المسيح. جاء يسوع المسيح إلى الأرض ليخلّص البشرية من الخطيئة. يسوع شخصية تاريخية. ينقسم تاريخنا إلى ما قبل الميلاد (قبل المسيح) وما بعد

الميلاد (Anno Domini، وهي كلمة لاتينية تعني "في سنة ربنا"). كما هو مدون في أسفار الإنجيل الأربعة، أجرى يسوع العديد من المعجزات خلال خدمته، مظهراً قدرته الإلهية ورحمته. لقد شفى المرضى، مثل شفاء الأبرص (متى 8: 1-4) وإعادة البصر إلى الأعمى (يوحنا 9: 1-7). كما أجرى معجزات طبيعية، بما في ذلك تهدئة عاصفة (مرقس 4: 35-41) والمشي على الماء (متى 14: 22-33). بالإضافة إلى ذلك، أقام يسوع الموتى، وعلى الأخص لعازر (يوحنا 11: 1-44)، وكثّر الأرغفة والأسماك لإطعام الآلاف (متى 14: 13-21). أكدت هذه المعجزات هويته كابن الله وجلبت الأمل والإيمان للكثيرين.

إذا كنت تريد أن تؤمن بيسوع وتسعى إلى ضمان الذهاب إلى السماء، يمكنك اتباع هذه الخطوات المبنية على المبادئ الأساسية للإيمان المسيحي:

اعلم أنك خاطئ في حاجة إلى غفران الله. تشمل الخطية التجديف، والكبرياء، والجشع، والشهوة، والغضب، وعبادة الأوثان، والزنا، والسرقة، والكذب، والخداع، والخداع، والكراهية، والقمار، والسكر، وتعاطي المخدرات، وغير ذلك - لا أحد معفى منها. لقد قطعت هذه الخطية شركتنا مع الله، وخلقت فجوة بيننا وبينه. يقول الكتاب المقدس

"لأَنَّ الْجَمِيعَ أَخْطَأُوا وَأَعْوَزَهُمْ مَجْدُ اللهِ" (رومية 3: 23).

فآمنوا أن يسوع المسيح هو ابن الله الذي مات من أجل خطاياكم وقام من بين الأموات.

"لأَنَّهُ هكَذَا أَحَبَّ اللهُ الْعَالَمَ حَتَّى بَذَلَ ابْنَهُ الْوَحِيدَ الْوَحِيدَ، لِكَيْ لاَ يَهْلِكَ كُلُّ مَنْ يُؤْمِنُ بِهِ بَلْ تَكُونُ لَهُ الْحَيَاةُ الأَبَدِيَّةُ". (يوحنا 3: 16)

اعترف بخطاياك لله وابتعد عنها.

"إِنِ اعْتَرَفْنَا بِخَطَايَانَا فَهُوَ أَمِينٌ وَعَادِلٌ وَيَغْفِرُ لَنَا خَطَايَانَا وَيُطَهِّرُنَا مِنْ كُلِّ إِثْمٍ". (1 يوحنا 1: 9)

ادعُ يسوع في حياتك ليكون مخلصك وربك. هذا يعني أن تثق به لخلاصك وتلتزم باتباعه.

"وَأَمَّا كُلُّ الَّذِينَ قَبِلُوهُ، لِلَّذِينَ آمَنُوا بِاسْمِهِ، فَأَعْطَى الْحَقَّ أَنْ يَصِيرُوا أَوْلاَدَ اللهِ". (يوحنا 1: 12)

إليك صلاة بسيطة يمكنك أن تتلوها للتعبير عن إيمانك والتزامك بيسوع:

"جئت أمامك معترفًا بخطاياي وحاجتي إلى نعمتك. أؤمن أن يسوع مات من أجل خطاياي

وقام من جديد ليمنحني حياة جديدة. أقبله ربًا ومخلصًا لي، وأسلم لك قلبي وحياتي. أرجوك اغفر لي وطهّرني وأرشدني بروحك. ساعدني لأعيش بأمانة، وأسير في محبتك وقصدك. أشكرك على رحمتك وخلاصك. باسم يسوع، آمين."

بعد قبولك ليسوع، من المهم أن تنمو في إيمانك الجديد. اقرأ الكتاب المقدس بانتظام، وصلِّ، وابحث عن كنيسة محلية حيث يمكنك أن تكون جزءًا من جماعة من المؤمنين الذين سيدعمونك ويشجعونك.

أظهر إيمانك من خلال أفعالك من خلال حبك للآخرين، مشاركة إيمانك، والعيش وفقًا لتعاليم يسوع.

"بِهَذَا يَعْرِفُ الْجَمِيعُ أَنَّكُمْ تَلاَمِيذِي إِنْ أَحَبَّ بَعْضُكُمْ بَعْضًا". (يوحنا 13: 35)

الإيمان بيسوع وتسليم حياتك له هو أساس الإيمان المسيحي والطريق إلى الحياة الأبدية في السماء.

"آمِنُوا بِالرَّبِّ يَسُوعَ فَتَخْلُصُوا أَنْتُمْ وَأَهْلُ بَيْتِكُمْ!" (أعمال 16: 31)

شكر وتقدير

أود أن أعبر عن خالص امتناني للقس هوان-تشول بارك من كنيسة الجسر، الذي قرأ المسودة بأكملها بعناية وأجرى تنقيحات دقيقة وإضافات ضرورية.

كما أنني ممتن بعمق للقس يونغ تشول كيم، والقس جونغ-كوغ كيم، والمبشر كيونغ كيم، والسيدة هيون-آه كيم لإلهامهم نشر هذا الكتاب من خلال العديد من المحادثات حول الكتاب المقدس وعلم الفلك.

بالإضافة إلى ذلك، أتقدم بالشكر الجزيل للدكتور والقس جون-سوب إيم من كنيسة بلو-جين الكورية في شارلوتسفيل، والدكتور كيونغ-جو تشوي من شركة أركتوروس ثيرابيوتيكس، والدكتور تشي-هون بارك من معهد كوريا لأبحاث التكنولوجيا الكيميائية لقراءة المخطوطة وتقديم ملاحظات قيمة.

أتوجه بشكر خاص إلى ولديّ، صموئيل ودانيال، لمساعدتهما في عمل الصور.

في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين، وصل ما يقرب من 150 إلى 200 مبشر أمريكي إلى كوريا، ووضعوا الأساس للتبشير المسيحي والتعليم والإرساليات الطبية. وقد لعبت جهودهم دورًا محوريًا في نشر الإنجيل في جميع أنحاء البلاد وأثرت في نهاية المطاف على حياتي أيضًا. بنعمة يسوع، نلت الخلاص وأصبحت عضوًا في عائلة الإيمان. أود أن أغتنم هذه الفرصة لأعبر عن امتناني القلبي لتفانيهم وخدمتهم.

كل المجد لله!

Image Credit

1. The Creation of the Universe

Fig. 1.1: NASA/JPL, Fig. 1.2: Hubble Heritage Team, Fig. 1.3: R. Hurt/JPL-Caltech/NASA, Fig. 1.4: Hubble/NASA/ESA, Fig. 1.5: Wikipedia/R. Powell, Fig. 1.6: Wikimedia/D. Leinweber, Fig. 1.7: NASA/CXC/M. Weiss(left), NASA/D. Berry (right), Fig. 1.8: Stellarium, Fig. 1.9: Physics Forums, Fig. 1.10: NASA/JPL-Caltech (left), A. Sarangi, 2018, SSR, 214, 63 (right), Fig. 1.11: Wikimedia/ALMA (ESO/NAOJ/NRAO) (left), T. Müller (HdA/MPIA)/G. Perotti (The MINDS collaboration)/M. Benisty (right), Fig. 1.12: TASA Graphic Arts, Inc., Fig. 1.14: Jon Therkildsen, Fig. 1.15: www.neot-kedumim.org.il

2. God's Masterpiece, the Earth

Fig. 2.1: R. Narasimha, Fig. 2.3: NASA, Fig. 2.4: NASA/Goddard/Aaron Kaase, Fig. 2.6: Wikimedia, Fig. 2.7: Linda Martel, Fig. 2.8: Wikimedia, Fig. 2.9: NASA/ESA/H. Weaver & E. Smith (left), NASA/HST Comet Team (right), Fig. 2.10: Wikimedia/M. Bitton, Fig. 2.11: Wikimedia/John Garrett, Fig. 2.12: UK Foreign and Commonwealth Office, Fig. 2.13: Wikipedia, Fig. 2.16: Wikipedia/G. Taylor, Fig. 2.17: NASA/Caltech

3. Creation or Evolution?

Fig. 3.1: Wikipedia/Yassine Mrabet, Fig. 3.2: OpenEd/Christine Miller , Fig. 3.3: Wikipedia/LadyofHats, Fig. 3.4: Wikipedia/Messer Woland & Szczepan (left), Wikipedia/LadyofHats (right), Fig. 3.5: J.E. Duncan & S.B. Goldstein, Fig. 3.6: Wikipedia/Fiona 126, Fig. 3.7: NASA, Fig. 3.8: R. Cui, Fig. 3.9: Wikipedia/Ansgar Walk, Fig. 3.10: The Whisker Chronicles, Fig. 3.11: Encyclopedia Britanica Inc., Fig. 3.12: Wikipedia, Fig. 3.13: Wikipedia/LadyofHats, Fig. 3.14: Wikipedia/J.J. Corneveaux, Fig. 3.15: Smithsonian Institution, Fig. 3.17: NRAO/AUI/NSF (left), Wikipedia/Colby Gutierrez-Kraybill (right), Fig. 3.18: Wikipedia/MikeRun, Fig. 3.20 - Fig. 3.23: Shueisha, Inc./Obara Takuya, Fig. 3.24: Wikipedia/Pinakpani, Fig. 3.25: Wikipedia/Dicklyon, Fig. 3.26: Wikipedia/Stannered (1st img), Dicklyon (2nd img), Morn the Gom (3rd img), Eequor (4th img), Fig. 3.27: M. Kitazawa/J. Plant Res., Fig. 3.28: S.R. Rahaman, Fig. 3.30: Jill Britton (pineapple), Fig. 3.32: Wikipedia/Farry (left), Wikimedia/Ivar Leidus (right).

References

1. The Creation of the Universe

제자원 (2002), Oxford Bible Encyclopedia, *Bible Textbook Co.*, Genesis Chap. 1-11.

Another universe existed before Big Bang? *우주먼지의 현자타임즈*, 2/24/2024, https://www.youtube.com/watch?v=RckLkaVzFe0

A Big Ring on The Sky: AAS 243rd Press conference. Alexia M. Lopez, 1/11/2024, https://www.youtube.com/watch?v=fwRJGaIcX6A

Bogdan, A., et al. (2024), 'Evidence for heavy-seed origin of early supermassive black holes from a z ≈ 10 X-ray quasar', *Nature Astronomy*, 8, 126.

Bonanno, A., & Fröhlich, H.-E. (2015), 'A Bayesian estimation of the helioseismic solar age', *Astronomy & Astrophysics*, 580, A130.

Karim, M. T., & Mamajek, E. E. (2017), 'Revised geometric estimates of the North Galactic Pole and the sun's height above the Galactic mid-plane', *MNRAS*, 465, 472.

Lopez, A. M., et al. (2022), 'Giant Arc on the sky', *MNRAS*, 516, 1557.

Lopez, A. M., Clowes, R. G., & Williger, G. M. (2024), 'A Big Ring on the Sky', *JCAP*, 07, 55.

Lyra, W., et al. (2023), 'An Analytical Theory for the Growth from Planetesimals to Planets by Polydisperse Pebble Accretion', *The Astrophysical Journal*, 946, 60.

Penrose, R. (2016), *The Emperor's New Mind*, Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.

Perotti, G., et al. (2023), 'Water in the terrestrial planet-forming zone of the PDS 70 disk', *Nature*, 620, 516.

Sandor, Zs., et al. (2024), 'Planetesimal and planet formation in transient dust traps', *Astronomy & Astrophysics*, in press.

Schiller, M., et al. (2020), 'Iron isotope evidence for very rapid accretion and differentiation of the proto-earth', *Science Advances*, 6, 7.

Tonelli, G. (2019), *Genesis: The story of how everything began*, Farrah, Straus and Giroux, New York, pp 19-44

Tryon, E. P. (1973), 'Is the Universe a vacuum fluctuation', *Nature*, 246, 396.

Vorobyov, E. I., et al. (2024), 'Dust growth and pebble formation in the initial stages of protoplanetary disk evolution', *Astronomy & Astrophysics*, 683, A202.

Yi, S., et al. (2001), 'Toward Better Age Estimates for Stellar Populations: The Y2 Isochrones for Solar Mixture', *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 136, 417.

2. God's Masterpiece, the Earth

Comins, N. F. (1993), *What If the Moon Didn't Exist?* HarperCollins Publishers Inc., New York, NY.

Gonzalez, G. & Richards, J. W. (2004), *The privileged planet: How Our Place in the Cosmos Is Designed for Discovery*, Regnery Publishing, Inc.

Lineweaver, C. H., et al. (2004), 'The Galactic Habitable Zone and the Age Distribution of Complex Life in the Milky Way', *Science*, 303 (5654), 59.

Lüthi, D. et al. (2008), 'High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000 - 800,000 years before present', *Nature*, 453, 379.

Narasimha, R., et al. (2023), 'Making Habitable Worlds: Planets Versus Megastructures', *arXiv:2309.06562*.

OpenAI. (2024), *ChatGPT* (4o) [Large language model], https://chatgpt.com

Ward, Peter D. & Brownlee, Donald (2000*), Rare Earth: Why Complex Life is Uncommon in the Universe*, Copernicus Books (Springer Verlag).

3. Creation or Evolution?

Abelson, P. H. (1966), 'Chemical Events on the Primitive Earth', *Proc Nat Acad Sci*, 55, 1365.

Behe, M. J. (2006). *Darwin's black box: The biochemical challenge to evolution*. Free Press.

Behe, M. J. (2020). *Darwin devolves: The new science about DNA that challenges evolution*. HarperOne.

Bernhardt, H. S. (2012), 'The RNA world hypothesis: the worst theory of the early evolution of life (except for all the others)', *Biology Direct*, 7, Article number: 23.

Chyba, C. F., & Sagan, C. (1992), 'Endogenous production, exogenous delivery and impact-shock synthesis of organic molecules: An inventory for the origins of life'. *Nature*, 355, 125.

Cui, R., 'The transcription network in skin tanning: from p53 to microphthalmia', https://www.abcam.com/index.html?pageconfig=resource&rid=11180&pid=10026

Dembski, W. A., & Ewert, W. (2023). *The design inference: Eliminating chance through small probabilities*. Discovery Institute.

Danielson, M. (2020), 'Simultaneous Determination of L- and D-Amino Acids in Proteins', *Foods*, 9 (3), 309.

Fabre, J.-H. (2015), *The Mason -Bees (Perfect Library)*, CreateSpace Independent Publishing Platform.

Higgins, M. (2014), 'Bear evolution 101', *The Whisker Chronicles*, https://thewhiskerchronicles.com/2014/01/03/bear-evolution-101/

Kasting, J. F. (1993). 'Earth's Early Atmosphere.' Science, 259(5097), 920.

Maslin, M. (2016), 'Forty years of linking orbits to ice ages', *Nature*, 540 (7632), 208.

Miller, S. L. (1953), 'A Production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Conditions', *Science*, 117, 528

Mumma, M. M., et al. (1996), 'Detection of Abundant Ethane and Methane, Along with Carbon Monoxide and Water, in Comet C/1996 B2 Hyakutake: Evidence for Interstellar Origin', *Science*, 272 (5266), 1310.

OpenAI. (2024), *ChatGPT* (4o) [Large language model], https://chatgpt.com

Park, Chi Hoon (2024), 'Stop codon points to GOD', Proceedings of the 20th Anniversary KRAID Symposium

Pinto, J. P., Gladstone, G. R., & Yung, Y. L. (1980), 'Photochemical Production of Formaldehyde in Earth's Primitive Atmosphere', *Science*, 210, 183.

Pinto, O. H., et al. (2022), 'A Survey of CO, CO2, and H2O in Comets and Centaurs', *Planet. Sci. J.*, 3, 247.

Russo, D., et al. (2016), 'Emerging trends and a comet taxonomy based on the volatile chemistry measured in thirty comets with high resolution infrared spectroscopy between 1997 and 2013', *Icarus*, 278, 301.

Sanjuán, R., Moya, A., & Elena, S. F. (2004), 'The distribution of fitness effects caused by single-nucleotide substitutions in an RNA virus', *Proc Natl Acad Sci*, 101(22), 8396.

Trail, D., et al. (2011), 'The oxidation state of Hadean magmas and implications for early Earth's atmosphere', *Nature*, 480, 79.

Urey, H. C. (1952). 'On the Early Chemical History of the Earth and the Origin of Life.' *Proc Natl Acad Sci*, 38(4), 351.

Wikipedia, Mutation (Distribution of fitness effects).

Wikipedia, Visual phototransduction.

Yang, P.-K. (2016), 'How does Planck's constant influence the macroscopic world?', *Eur. J. Phys.*, 37, 055406.

Zahnle, K. J. (1986), 'Photochemistry of methane and the formation of hydrocyanic acid (HCN) in the Earth's early atmosphere', *J. Geophys Res*, 91, 2819.

About the Author

Dr. Dongchan Kim earned his B.S. in Astronomy from Yonsei University in Seoul, Korea, and his Ph.D. in Astronomy from the University of Hawaii. After completing his doctoral studies, he pursued astronomical research at several institutions, including NASA's Jet Propulsion Laboratory/Caltech, Seoul National University, and the University of Virginia.

Dr. Kim's research focuses on luminous infrared galaxies (LIRGs), ultraluminous infrared galaxies (ULIRGs), quasars, and recoiling supermassive black holes.

He is affiliated with the National Radio Astronomy Observatory in Charlottesville, Virginia, USA.

The English version of this book was published under the title '**DIVINE GENESIS:** Exploring Creation through Astronomy and Biology' on Amazon USA. The PDF version of this book, along with translations in multiple languages, can be downloaded from divine-genesis.org.